

VALIDEZ Y FIABILIDAD DEL RADAR PARA EL CONTROL DE LA VELOCIDAD DEL REMATE EN VOLEIBOL

Validity and reliability of radar to spike speed control in volleyball

David Valadés Cerrato¹, José Manuel Palao Andrés², Pedro Femia Marzo³,
Paulino Radial Puche³, Aurelio Ureña Espá³

¹ Universidad de Alcalá de Henares.

² Universidad Católica San Antonio de Murcia.

³ Universidad de Granada.

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA

David Valadés Cerrato

Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Alcalá.
Campus Universitario, Ctra. Madrid-Barcelona Km 33,600. 28871 Alcalá de Henares (Madrid).
david.valades@uah.es

Fecha de recepción: Enero 2007 • Fecha de aceptación: Junio 2007

RESUMEN

El presente trabajo se enmarca en el proceso de dar validez y fiabilidad a un protocolo de test que sirva para el control de la velocidad del remate a nivel de entrenamiento e investigación. El trabajo tiene dos objetivos: a) comprobar la validez del radar al registrar la velocidad del balón en el remate, y b) establecer la distancia de ubicación del radar respecto a la red, que permita obtener datos fiables de la velocidad máxima del balón en el remate. Se realizó un doble estudio para conseguir los objetivos de la investigación. Veinticuatro jugadoras de superliga participaron en el primer estudio, y cuatro jugadoras de superliga participaron en el segundo estudio. En el primer estudio, la velocidad del balón en el remate se midió con el radar y con análisis fotogramétrico a partir de la filmación realizada. Los datos obtenidos muestran una correlación de 0,98 entre los registros tomados por el radar y los obtenidos del análisis fotogramétrico. En el segundo estudio, el radar se ubicó a cuatro, cinco, seis y siete metros de distancia de la red para registrar las velocidades imprimidas al balón en la ejecución del remate. Los resultados obtenidos muestran que la ubicación ideal del radar para registrar la velocidad del remate debe ser a una distancia de 5 metros de la red. Esta ubicación fue la que presentó mayor estabilidad de los registros, medias de velocidades más altas y menor coeficiente de variación.

Palabras clave: validez, fiabilidad, test, radar, voleibol, remate.

ABSTRACT

The present study is one step in establishing of validity and reliability of way of doing the measurement of the speed ball in practice and research studies. The purpose of this study was double: 1) to check the reliability of the speed registration and 2) to establish the adequate localization of the radar with respect to the net. A double study was done to achieve the objectives of the study. Twenty-four female players from professional Spanish first division participated in the first study and four female players from professional Spanish first division participated in the second study. In the first study, the ball speed was measured with a gun radar and a photogrametric analysis from the record done. The results obtained show a correlation of 0.98 between the data of the results that were obtained with the radar and the photometric analysis. In the second study, the radar was localized to four, five, six, and seven meters from the net. The results obtained show that the radar should be localized five meters from the net. This localization presented higher stabilization, higher speed average, and less coefficient of variation.

Key words: validity, reliability, test, radar, volleyball, spike.

Introducción

El remate es el elemento técnico que culmina la fase ofensiva de un equipo en voleibol. Esta acción técnica tiene como objetivo superar la red y la defensa contraria (Hernández, 1992). A nivel biomecánico, el rendimiento del remate se ob-

tiene a partir de la optimización de tres factores (figura 1): a) altura de golpeo, b) trayectoria del balón, y c) velocidad del balón tras el golpeo.

A) La altura de golpeo depende de tres aspectos: a) la altura del Centro de Masa (CM) en el momento del despegue, b) la

distancia de la mano al centro de gravedad en el momento del golpeo, y c) la altura del salto (Vint, 1994). En el control del entrenamiento, es común la utilización de distintas pruebas para valorar el efecto del entrenamiento del tren inferior y para controlar la altura de alcance de los jugadores (test de Bosco, etc.). A nivel

de investigación también se utilizan distintos tests que indican la altura del salto alcanzada. En el mercado existe gran diversidad de instrumental y test de medida del salto, todos ellos de gran fiabilidad y estandarizados (ej. Gusi, Marina, Bagues, Valenzuela, Náchter, Rodríguez, 1997; López, Grande, Meana, Aguado, 1999; Aragón-Vargas, 2000; García, Paleteiro, Rodríguez, Morante, Villa, 2003). La mayoría de estos test ofrecen la información de forma directa e inmediata.

B) La trayectoria del balón en el remate depende de los movimientos del tronco, del hombro, de la cadera, del codo y de la muñeca, y del lugar de contacto del balón. La obtención del éxito en la dirección y trayectoria del remate va a depender de la ubicación de la defensa del equipo contrario. Este aspecto de la ejecución es normalmente controlado por los equipos durante los partidos, y también en el análisis *a posteriori*. Así, existen numerosos programas informáticos que permiten el control de las trayectorias de ataque por rotaciones, por jugadores, por tipos de ataque, etc. (ej.: Datavolley, SIMI Scout, VIS, etc.).

C) La velocidad del balón en el remate depende directamente de la velocidad final de la mano de golpeo (Gutiérrez et al., 1994; Vint, 1995; Arabi-Fard, 1999). A su vez, la velocidad de la mano depende de factores antropométricos, técnicos y físicos. Los estudios encontrados en la bibliografía específica de voleibol revisada utilizan, sobre todo, métodos indirectos para controlar el efecto del entrenamiento sobre la velocidad del balón tras el remate.

En los últimos años, diferentes autores han propuesto el uso de un test que permita registrar la velocidad del remate, como un elemento más en el control del proceso de entrenamiento (Dupuis, y Tourny-Chollet, 2003). Este elemento clave en la eficacia del remate, no suele controlarse, ya que tradicionalmente se ha utilizado el análisis fotogramétrico como método de medida para obtener la velocidad del remate (tabla 1). Dicho procedimiento, a diferencia de los test de salto, no ofrece la información de forma inmediata y directa, pues requiere un proceso intermedio y laborioso antes de

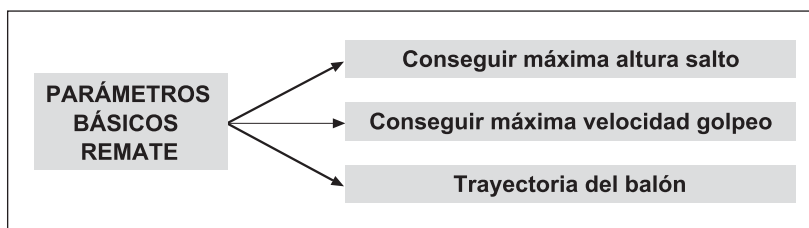


Figura 1. Factores clave del rendimiento del remate en voleibol a nivel biomecánico (A partir de Selinger y Ackermann, 1985; Kao y cols., 1994; Gutiérrez, Ureña, y Soto, 1994; Vint, 1994).

Tabla 1. Revisión de estudios relacionados con la velocidad del remate.

Autor	Muestra/Nivel	Sistema de medida	Resultados
Haley (1966, en Chung, 1988)	Jugadores-Élite-Universitarios-Instituto	Radar	61,2 km/h máximo ♂
Chung (1988)	n = 8 chicas-Intercolegial	Cinematografía 3D	67,5 km/h media ♀
Coleman, et al. (1993)	n = 10 hombres-Élite	Fotogrametría	97,2 km/h media ♂
Gutiérrez, et al. (1994)	n = 17 hombres-Élite	Fotogrametría 3D	73 km/h de media ♂
Kao et al. (1994)	n = 10 hombres Amateur	Fotogrametría	71,46 km/h media ♂
Ferris et al. (1995)	n = 13 mujeres-1ª División NCAA	Radar	65,2 km/h de media ♀ 75,6 km/h de máxima
Huang et al. (1998)	n = 4 chicas-Liga china	Fotogrametría	74,8 km/h de media ♀ 82,5 km/h de máxima
Huang et al. (1999)	n = 8 chicos-Universitarios	Fotogrametría en 3D	96,1 km/h de media ♂ 99,3 km/h de media
Christopher (2001)	n = 6 hombres/n = 3 mujeres-1ª Div NCAA	Fotogrametría	112,3 km/h máximo ♂ 68,4 km/h máximo ♀
Bowman (2001)	n = 10 chicas-Estudiantes	Radar	45,8 km/h media ♀ (armado arquero) / 47,7 km/h media (armado circular)
Dupuis, Tourny-Chollet (2001)	n = 14 hombres-2ª y 3ª División Francesa	Radar	70,6 km/h media ♂ 68 km/h media
Forthomme et al. (2005)	n = 19 hombres-1ª y 2ª División Belga	Radar	100,9 Km/h 1ª División ♂ 90,4 km/h 2ª División ♂

obtener la información. Actualmente, teniendo en cuenta que el radar es un aparato que ofrece la información de forma directa e inmediata, se está empezando a utilizar como instrumento de medida en trabajos de investigación (Bowman, 2001; Dupuis, Tourny-Chollet, 2001; Forthomme et al., 2005).

Este instrumento es utilizado de forma habitual en otros deportes, como el béisbol, para medir la velocidad de lanzamiento de la pelota (DeRenne et al., 1990; Brylinski et al., 1992; Potteiger et al., 1992; Newton, McEvoy, 1994; Lachowetz et al., 1998). Sin embargo, en la revisión realizada no se han encontrado protocolos de medición específicos, estandarizados y validados para el registro de la ve-

locidad de remate en voleibol mediante el radar. Además, el estudio realizado por Haley (1966, citado por Chung, 1988) desaconsejaba su uso como instrumento de medida.

El radar es un instrumento que registra las velocidades de los objetos mediante la emisión y recepción de ondas de radio. La fiabilidad en sus mediciones exige que el balón se dirija o se aleje del radar en trayectorias rectilíneas. Por esta razón, Haley (1966, citado por Chung, 1988), tras realizar su estudio, donde utilizó una muestra de jugadores noveles, rechazaba el uso del radar como test de medida de la velocidad del remate debido a la falta de precisión que mostraron los jugadores para enviar el balón hacia el radar. Inves-



Figura 2. Descripción del protocolo de medición del test de remate sin salto.

tigaciones posteriores (Ferris, Signorile, Caruso, 1995; Bowman, 2001; Dupuis, Tourny-Chollet, 2001) han utilizado el radar como instrumento de medida de la velocidad del balón en el remate (tabla 1), teniendo en cuenta que el radar sólo es fiable para registrar la velocidad de los remates con una trayectoria prefijada, y no los de cualquier remate hacia cualquier dirección.

Por tanto, se hace necesario diseñar un protocolo de test que permita a los entrenadores controlar la evolución de la transferencia del entrenamiento, tanto de la técnica como de la preparación física del tren superior, al gesto real del remate. Este protocolo de test debe estar adaptado a las características del instrumento. Así, la fiabilidad de la medida del radar requiere que el balón se dirija acercándose o alejándose de él. Este factor exige precisión por parte del jugador en la ejecución del remate hacia el radar, precisión que por otra parte es otro de los factores clave de rendimiento del mismo. Aparece pues un segundo problema: ¿dónde situar el radar para lograr la precisión necesaria y valorar así la máxima velocidad del remate de los jugadores?

El presente trabajo se enmarca dentro del proceso de dar validez y fiabilidad a los protocolos de medición de la velocidad del balón en voleibol. Este trabajo busca un doble objetivo: a) verificar si el sistema del radar y protocolo de medición planteado es válido, y b) establecer la distancia ideal a la que debe ubicarse el radar para que los registros de la velocidad del balón sean fiables. Para lograr ambos objetivos se ha realizado un doble estudio.

Método

Muestra

En el primer estudio participaron 24 jugadoras de tres equipos de superliga femenina, con 24 años de edad media y 184 cm de altura media. Tanto los entrenadores como las jugadoras fueron informados previamente de las características del test. Todas las jugadoras que participaron en el estudio lo realizaron tras completar un consentimiento informado.

En el segundo estudio participaron 4 jugadoras de un equipo de superliga femenina de una edad media de 24 años y 179 cm de altura media. Cada jugadora era de un puesto diferente de juego (una receptora atacante principal, una receptora atacante auxiliar, una opuesta y una central). Todas las jugadoras fueron informadas previamente por los investigadores de las características del test y todas completaron un consentimiento informado antes de la realización del mismo.

Diseño y variables de estudio

Para valorar la validez (estudio 1) se realizó un diseño pre-experimental intergrupo. Se midió la velocidad máxima del remate en apoyo mediante dos procedimientos: a) software de fotogrametría *Análisis de la Técnica Deportiva* versión 2.0 (ATD 2.0), y b) pistola radar (Stalker ATS).

Para valorar la fiabilidad del protocolo (estudio 2) se realizó un diseño cuasi-experimental intergrupo. Se midió la velocidad máxima del remate en salto mediante una pistola radar, ubicándola a distintas distancias de la red (cuatro, cinco,

seis, y siete metros). La variable dependiente fue la velocidad del balón en el remate, y la variable independiente fue la ubicación de la pistola radar.

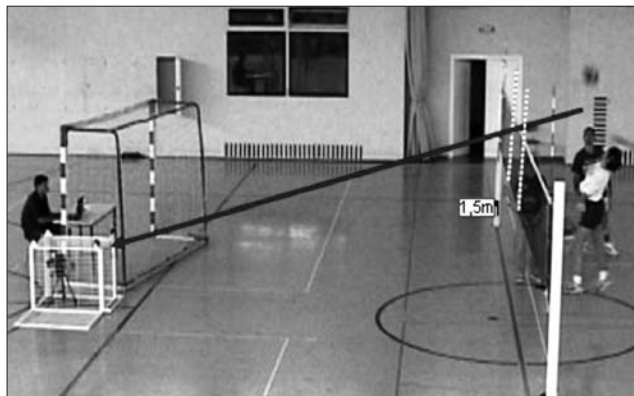
Procedimiento

En el primer estudio, se realizó un test donde se ejecutaba un remate sin salto. Todas las jugadoras realizaron un calentamiento de unos 25-30 minutos. Todos los calentamientos finalizaron de la misma forma, con el ejercicio de ataque-defensa y una serie de al menos 10 remates en red. Tras este calentamiento, cada jugadora realizó tres ejecuciones del test de remate sin salto (figura 2). Los registros se realizaron durante la sesión matinal de entrenamiento previa al partido de liga posterior.

Todos los intentos de cada jugadora fueron filmados con una cámara de video Sony (velocidad de obturación automática seleccionando "programa AE-deporte"/ frecuencia filmación 25 Hz). Al principio y al final de la filmación se filmó el objeto de referencia. Las filmaciones de los distintos intentos fueron interpoladas a 50 Hz con el software Pinnacle Studio 9.0. Posteriormente, utilizando el programa ATD 2.0, se realizó el análisis fotogramétrico de las velocidades alcanzadas por el balón.

Para el segundo estudio, previamente a la realización de la prueba, las jugadoras realizaron un calentamiento de 20 minutos. Éste consistió en carrera continua, estiramiento, movilidad articular, ejercicio de calentamiento con balón (ataque-defensa), y una serie de 8 remates. Tras el calentamiento, cada jugadora realizó tres

PROTOCOLO TEST DE REMATE CON SALTO



- La jugadora se situaba a tres-cuatro metros de la red en el lado opuesto del radar. Desde esta posición realizaba la carrera de aproximación, el salto y ejecutaba el remate sobre el radar.
- Se registró la velocidad máxima en cada intento. Se realizaron un total de tres intentos, permitiendo repetir la ejecución en caso de acción nula. Pero sólo se permitía un máximo de cinco intentos.
- La zona de ejecución del remate se delimitó con dos varillas, separadas un metro y medio, entre las cuales debía pasar el balón para dirigirse hacia el radar.
- El remate era considerado nulo cuando:
 - a) El radar no registraba la velocidad del balón.
 - b) El balón no se dirigía hacia el radar o no pasaba entre las dos varillas.
 - c) El jugador tocaba la red.
 - d) El jugador invadía el campo contrario por debajo de la red tras el remate.
 - e) La colocación era defectuosa (cuando condiciona la carrera de aproximación, la batida y/o el golpeo).
- Las colocaciones se realizaron por la derecha de las jugadoras (todas eran diestras), y las realizó un sujeto entrenado para lanzar el balón aproximadamente a un metro de separación de la red, a cinco metros de altura como máximo y entre las dos varillas.

Figura 3. Descripción del protocolo de medición del test de remate con salto.

Tabla 2. Instrumental utilizado en ambos estudios.

Material / Instrumental	Finalidad, modelo y características
Tres balones de voleibol	Finalidad: Realizar el test de remate sin salto. Modelo y características: Molten IV 5XC de voleibol.
Un manómetro	Finalidad: Calibrar la presión de los balones de 0,30 a 0,325 kg/cm ² . Modelo y características: Imsport Manómetro Esfera.
Una jaula metálica	Finalidad: Proteger el radar de los posibles golpes de los balones. Modelo y características: Jaula de almacenaje de balones puesta boca abajo (100 x 80 x 50 cm).
Portería de balonmano	Finalidad: Facilitar la recogida de los balones, servir de referencia para dirigir adecuadamente el balón hacia el radar. Modelo y características: Portería estándar (200 x 316 cm) con la red protectora.
Red de voleibol	Finalidad: Es un elemento esencial para que el gesto técnico del remate se asemeje a la realidad. Modelo y características: Red oficial de la RFEVB, situada a la altura reglamentaria de la categoría senior femenina (224 cm).
Antenas de voleibol	Finalidad: Delimitar el espacio de la red en el que realizar el remate. Modelo y características: Varillas de fibra de vidrio de 180 cm.
Ordenador portátil	Finalidad: Analizar las imágenes del remate con salto y sin salto. Modelo y características: Samsung X05 (Intel-Cetrino, 1300 MHz, 1,30Ghz, 504 MB de RAM).
Cámara de vídeo con soporte y trípode	Finalidad: Realizar la filmación de los remates para su posterior análisis. Modelo y características: Sony Handycam DCR-TRV355, Digital 8.
Programa Pinnacle Studio	Finalidad: Capturar las secuencias de vídeo del remate en el ordenador y desentrelazado de imágenes. Modelo y características: Versión 9.0.
Programa Análisis de la Técnica Deportiva (ADT)	Finalidad: Digitalizar la trayectoria del balón y calcular la velocidad alcanzada. Modelo y características: Versión 2.0.
Pistola radar con soporte y trípode	Finalidad: Medir la velocidad del balón. Modelo y características: Pistola Radar "Stalker ATS". RS-232 Versión. Rango de velocidad (1-480 Km/h). Frecuencia de registro 0,032 s. Distancia máxima de registro 76 m. Ka Band 35,1 GHz.

Tabla 3. Datos descriptivos de las velocidades registradas por el radar y el análisis fotogramétrico en el test de remate sin salto con software Análisis Técnicas Deportivas - ATD - (valores expresados en km/h).

	Número sujetos	Media	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación Típica
Radar 1	24	70,08	86	55	7,6
Radar 2	24	73,54	83	63	6,7
Radar 3	24	74,45	86	74	6,5
Total	72	72,7	86	55	7,1
ATD 1	24	73,17	89	58	7,6
ATD 2	24	76,67	86	65	6,9
ATD 3	24	77,54	91	65	6,9
Total	72	75,79	91	58	7,32

Tabla 4. Prueba T de Students para muestras relacionadas entre cada repetición y entre cada sistema de registro de la velocidad (radar y análisis fotogramétrico -ATD-).

	Repetición	Media	Desv.	Error típ.	t	gl	Sig. (bilateral)
Radar	1; 2	-3,458	3,878	0,792	-4,368	23	0,000
	1; 3	-4,375	4,604	0,940	-4,655	23	0,000
	2; 3	-0,917	3,525	0,720	-1,274	23	0,215
ATD	1; 2	-3,500	4,201	0,858	-4,081	23	0,003
	1; 3	-4,375	4,421	0,903	-4,848	23	0,001
	2; 3	-0,875	3,757	0,767	-1,141	23	0,266
Radar / ATD	1; 1	-3,083	1,692	0,345	-8,928	23	0,000
	2; 2	-3,125	1,329	0,271	-11,519	23	0,000
	3; 3	-3,083	1,381	0,282	-10,942	23	0,000

Leyenda: Desv.: Desviación típica; Error típ.: Error típico; t: Valor de la t en el Test T-Student; gl: Grados de libertad en el Test T-Student; Sig (bilateral): Nivel de significación obtenido en el Test T-Student.

ejecuciones del test de remate con salto (figura 3) en cada una de las situaciones objeto de estudio, es decir en las cuatro posiciones de toma de datos: radar a cuatro, cinco, seis y siete metros de la red.

Instrumental

En la tabla 2 se especifica el tipo, la función y las características del material utilizado para la realización de ambos test (estudio 1 y estudio 2). También se describe el instrumental utilizado para obtener los datos, realizar su registro y almacenamiento. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS 11.5.

Análisis de los datos

Se realizó un análisis descriptivo y un análisis inferencial. Como los datos registrados eran de tipo cuantitativos continuos y no mostraron significación en la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, se aplicaron las pruebas estadísticas paramétricas de t de Students para muestras relacionadas y de correlación de Pearson.

Tabla 5. Correlación de Pearson entre los dos sistemas de medida de la velocidad del balón en el golpeo (radar y análisis fotogramétrico -ATD-).

	Repetición	Nº sujetos	Correlación Pearson	% Coeficiente variación
Radar/ATD	1; 1	24	0,975***	2,4
	2; 2	24	0,982***	1,7
	3; 3	24	0,982***	1,8
Total		72	0,980***	2,0

Resultados

En la valoración de la validez del radar (estudio 1), las velocidades máximas registradas mediante el sistema de análisis fotogramétrico fueron superiores a las registradas con el radar (tabla 3). Igualmente, la velocidad media registrada por el análisis fotogramétrico fue significativamente ($p < 0,001$) superior a la velocidad media registrada por el radar (tabla 4).

En los datos descriptivos se observa que tanto en los registros tomados por el radar como en los obtenidos por el análisis fotogramétrico se ha producido un aumento de la velocidad del remate de una repetición a otra. El análisis inferencial,

mediante la prueba de t de Students (tabla 4) indica que este aumento es significativo de la primera a la segunda repetición y no es significativo de la segunda a la tercera repetición. Este resultado es común para los dos sistemas de medida (fotogramétrico y radar). La prueba de correlación de Pearson (Tabla 5) muestra una correlación del 0,98 entre los valores registrados por el radar y los valores obtenidos en el análisis fotogramétrico.

La regresión lineal realizada con los valores del radar y los del análisis fotogramétrico (gráfico 1) muestra que el 96% de los casos obtenidos se ajustan a la función lineal: $(Velocidad\ registrada\ por\ el\ Radar = 0,65 + 0,95 * Velocidad\ registrada\ por\ ATD)$.

Tabla 6. Velocidades máximas, desviación típica, y porcentaje del coeficiente de variación de la velocidad del balón, en el remate con salto, en función de la distancia a la que se ubica el radar.

Jugadora	4 metros			5 metros			6 metros			7 metros		
	Vel.	Desv.	CV%	Vel.	Desv.	CV%	Vel.	Desv.	CV%	Vel.	Desv.	CV%
1	60,7	1,59	2,62	65,2	1,18	1,81	64,7	3,53	5,45	61,1	1,49	2,44
2	66,6	4,81	7,22	68,1	1,51	2,22	67,7	5,91	8,73	64,1	3,49	5,44
3	79,1	2,12	2,68	78,9	1,53	1,94	77,4	2,55	3,29	73,4	4,07	5,54
4	66,8	2,11	3,16	64,7	0,90	1,39	66,2	3,17	4,78	66,2	1,22	1,84
Media	68,3	2,7	3,95	69,2	1,3	1,88	69,0	3,8	5,5	65,4	2,6	3,97

Leyenda: Vel.: velocidad máxima alcanzada por el balón en el remate; Desv.: desviación típica de los intentos realizados en cada situación; CV%: coeficiente de variación entre los intentos realizados (expresado tanto por ciento).

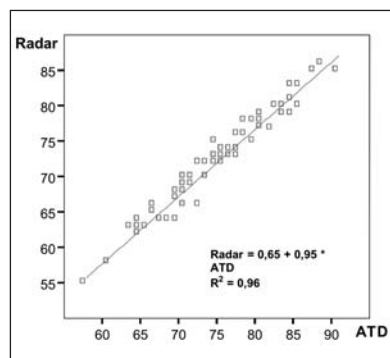


Gráfico 1. Regresión lineal entre datos registrados por el radar y los valores obtenidos en el análisis fotogramétrico (ATD).

En relación de la fiabilidad del registro en función de la ubicación del radar (estudio 2), a nivel descriptivo (tabla 6), se observa cómo los mejores valores obtenidos con respecto a la velocidad máxima (69,2 km/h), menor desviación típica (1,3) y menor porcentaje de coeficiente de variación (1,88%) se encuentran cuando el radar se ubicó a 5 metros de la red.

En cuanto al análisis inferencial, igualmente se observa (tabla 7) cómo con el radar a 5 metros de la red se obtiene un mayor nivel de correlación significativa entre las distintas repeticiones ($p \geq 0,95$).

Discusión

Con respecto a la validez de la medida del radar, los datos obtenidos mediante el análisis fotogramétrico fueron significativamente superiores a los registrados por el radar (diferencias en torno a 3 km/h). Esto se debe probablemente a que la frecuencia de registro de la cámara (0,020 s tras la interpolación) era superior a la frecuencia de registro del radar (0,032 s). El valor de correlación Pearson (0,98) entre los datos del radar y los del análisis fotogramétrico, unido al bajo coeficiente de

Tabla 7. Prueba de correlación de Pearson de la velocidad del balón en el remate con salto en función de la distancia a la que se ubica el radar.

Intentos	Separación de la red (m)			
	4 metros	5 metros	6 metros	7 metros
1-2	0,90	0,97*	0,29	0,85
1-3	0,92	0,97*	0,59	0,84
2-3	0,97*	0,95*	0,78	0,9

variación, muestra la validez de la medida registrada con el radar. Estos valores de correlación son similares a los encontrados en estudios previos en otros deportes: saque en tenis (Kraemer et al., 2000), y lanzamiento del pitcher en béisbol (DeRenne et al., 1990). Además, la regresión lineal que indica que el 96% de los casos obtenidos se ajustan a la función lineal: $Velocidad\ registrada\ por\ el\ Radar = 0,65 + 0,95 * Velocidad\ registrada\ por\ ATD$.

A partir de los resultados de las distintas repeticiones realizadas, la prueba de t de Students entre repeticiones muestra la existencia de un aumento significativo de la primera a la segunda repetición, y una ausencia de significación entre la segunda a la tercera repetición (tabla 4). Esto, unido a la disminución paulatina de la desviación típica, parece indicar que se produce un aumento de la velocidad debido a la práctica. Sin embargo, este aumento ya no es significativo en la tercera repetición. Estos resultados muestran que se requiere un mínimo de tres repeticiones en la realización de este test, además de los ensayos previos a la realización por parte del deportista. Se debe indicar que la realización del test estuvo condicionada por las características de la muestra (jugadoras profesionales) y el momento de realización (tras el calentamiento de la sesión matinal pre-partido), hecho que no permitió realizar más de

dos ensayos previos de la prueba a la ejecución del test.

En relación a la fiabilidad, los datos registrados de la velocidad del balón, en función de la ubicación del radar, muestran cómo este aspecto puede dar lugar al registro de distintos valores. La exigencia de que el remate deba dirigirse directamente hacia el radar requiere de precisión en la ejecución. El problema surge en el momento en el que la precisión afecta a la velocidad del remate, es decir, el test no mide la máxima velocidad de remate sino la velocidad a la que el jugador es capaz de poner el balón en la zona diana. En este caso, el test serviría como elemento de control específico del juego, pero no sería válido como elemento para valorar la fuerza específica del rematador. Con la población objeto de estudio (jugadoras profesionales) el radar debe situarse a 5 metros de la red. A esta distancia, los datos obtenidos son más fiables, la desviación típica es menor, hay un menor porcentaje del coeficiente de variación y hay una correlación significativa entre todas las repeticiones realizadas (1-2 / 1-3 y 2-3).

Estos resultados muestran que es necesario, para valorar si el protocolo de medición es correcto, controlar la habilidad de los jugadores. De lo contrario, la exigencia de precisión en la ejecución no permitirá al jugador aplicar sus niveles

reales de fuerza. Ésta fue la causa por la cual Haley (1966, citado por Chung, 1988) desaconsejó el uso del radar como instrumento de medida para la velocidad del remate con jugadores noveles.

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

a) El radar es un instrumento válido para registrar la velocidad del balón en el remate, siempre que se controle y limite específicamente la dirección del balón rematado. Ahora bien, los datos que ofrece este instrumento son inferiores (3 km/h aproxi-

madamente) a los que se pueden obtener mediante el análisis fotogramétrico.

b) La distancia de ubicación del radar afecta la ejecución del rematador. Con jugadoras de élite y para el test de remate con salto, el radar debe ubicarse a 5 metros de la red.

El presente estudio muestra cómo el radar puede ser utilizado siguiendo protocolos de registro como medio de control de la fuerza específica del tren superior en voleibol.

Su facilidad de uso, la inmediatez, y la validez mostrada por el radar, hace que este instrumento pueda ser una eficaz herramienta de trabajo para mejorar el nivel de los jugadores.

Las posibilidades que este instrumento presenta son:

- Comprobar si el trabajo físico realizado en el tren superior provoca una transferencia positiva sobre la velocidad del balón en el remate.
- Comprobar si el trabajo técnico ofrece mejoras en cuanto a la velocidad del remate desde distintas zonas y hacia distintas direcciones.
- Permitir la administración de *feedback* inmediato durante el entrenamiento.
- Controlar los estímulos realizados en el entrenamiento, permitiendo identificar las repeticiones de calidad, respecto a repeticiones realizadas por debajo del estímulo eficaz de entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrabi-Fard, I. (1999). Three phase dynamic flexibility training to improve spiking velocity. *Performance Volleyball Conditioning*, 7(6), 1-2.
- Aragón-Vargas, L.F. (2000). Evaluation of four vertical jump tests: Methodology, reliability, validity, and accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4(4), 215-228.
- Bowman, J.A. (2001). *Effect of volleyball arm swings on post impact ball velocity*. Unpublished master's thesis, University of New York College.
- Brylinski, J., Mooe, J.C. & Frosch, M. (1992). The effect of using a weighted softball on pitching velocity, wrist strength and handgrip. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(3), 170-173.
- Christopher, G.A. (2001). *Shoulder biomechanics in volleyball spiking: Implications for injuries*. Unpublished master's thesis, Brigham Young University, Salt Lake City, UT.
- Chung, C.S. (1988). *Three-dimensional analysis of the shoulder and elbow joints during the volleyball spike*. Unpublished doctoral's thesis, Indiana University, Bloomington, IN.
- Coleman, S., Benham, A.S. & Northcott, S.R. (1993). A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike. *Journal of Sports Sciences*, 11, 295-302.
- DeRenne, C., Ho, K. & Blitzblau, A. (1990). Effects of weighted implement training on throwing velocity. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4(1), 16-19.
- Dupuis, C. & Tourny-Chollet, C. (2001). Les effets de la musculation sur la vitesse de la balle lors d'un smash de volleyball. Posters del congreso Groupement d'Isocinetisme Belge et Luxembourgeois (G.I.B.L.). Extraído el 26 de marzo de 2003 de <http://www.cpod.com/monoweb/geni/posters/gibl2001/poster2.htm>.
- Dupuis, C. & Tourny-Chollet, C. (2003). Increasing explosive power of the shoulder in volleyball players. *Strength and Conditioning Journal*, 25(6), 7-11.
- Ferris, D., Signorile, J.F. & Caruso, J.F. (1995). The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. *Journal Strength and Conditioning Research*, 9(1), 32-36.
- Forthomme, B., Croisier, J.L., Ciccarone, G., Crielaard, J.M. & Cloes, M. (2005). Factors correlated with volleyball spike velocity. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(10), 1513-1519.
- García, J., Paleteiro, J., Rodríguez, J.A., Morante, J.C. & Villa, J.C. (2003). Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 20(93), 28-34.
- Gusi, N., Marina, M., Nogués, J., Valenzuela, A., Nácher, S. & Rodríguez, F.A. (1997). Validez comparativa y fiabilidad de dos métodos para la valoración de la fuerza de salto vertical. *Apunts: Medicina Deportiva*, 32, 271-278.
- Gutiérrez, M., Ureña, A. & Soto, V. (1994). Biomechanical analysis of the hit in the volleyball spike. *Journal of Human Movement Studies*, 26, 35-49.
- Hernández, L. (1992). *La técnica*. En COE (Ed). Voleibol (pp. 59-132). COE: Madrid.
- Huang, C., Liu, G.C. & Sheu, T.Y. (1998). A 3D analysis of the volleyball one-foot jump spike. *International Society of Biomechanics in Sports* (ISBS), Konstanz, Germany. Extraído el 26 de marzo de 2003 de <http://www.coachesinfo.com/category/volleyball/>.
- Huang, C., Liu, G.C. & Sheu, T.Y. (1999). Kinematic analysis of the volleyball back row jump spike. *International Society of Biomechanics in Sports* (ISBS), Perth, Australia. Extraído el 26 de marzo de 2003 de <http://www.coachesinfo.com/category/volleyball/>.
- Kao, S., Sellens, R.W. & Stevenson, J.M. (1994). A mathematical model for the trajectory of a spiked volleyball and its coaching application. *Journal of Applied Biomechanics*, 10, 95-109.

- 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. & Sebastianelli, W.J. (2000). The effects of NCAA Division I intercollegiate competitive tennis match play on recovery of physical performance in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 265-272.
- Lachowetz, T., Evon, J. & Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 116-119.
- López, J.L., Grande, I., Meana, M. & Aguado, X. (1999). Análisis de la reproductividad en tres test de salto con plataforma de fuerzas y de contactos. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 58, 62-66.
- Newton, R.U. & McEvoy, K.P. (1994). Baseball throwing velocity: A comparison of medicinal ball training and weight training. *Journal Strength and Conditioning Resear*s, 8(3), 198-203.
- Potteiger, J.A., Williford, H.N., Blessing, D.L. & Smidt, J. (1992). Effect of two training methods on improving baseball performance variables. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(1), 2-6.
- Selinger, A. & Ackerman, J. (1985). *Arie Selinger's power volleyball*. St. Martin's Press: New York.
- Vint, P. (1994). The mechanics of motion: Scientific aspects of jumping. *Coaching Volleyball*, December/January, 26-27.
- Vint, P. (1995). Secrets of speed: An in depth look at spiking. *Performance Conditioning for Volleyball*, 2(9), 4-6.