

El radar como instrumento de control del entrenamiento

The radar as an instrument to monitor training

Valadés, D.¹, Palao, J.M.²

¹ Facultad de Medicina (Universidad de Alcalá)

² Facultad de Ciencias del Deporte (Universidad de Murcia)

Dirección de contacto

David Valadés Cerrato: David.valades@uah.es

Fecha de recepción: 21 de Julio de 2011

Fecha de aceptación: 31 de Enero de 2012

RESUMEN

El radar es un instrumento capaz de medir de forma directa e inmediata la velocidad de los objetos en movimiento en las actividades deportivas. Su empleo permite valorar de forma indirecta la fuerza que el deportista es capaz de transferir al móvil. Su uso no requiere colocar al deportista implementos externos. El presente trabajo muestra los conceptos y protocolos para el empleo del radar como elemento del control indirecto del trabajo de fuerza. Su utilización permite controlar si las actividades realizadas dentro del entrenamiento son un estímulo adecuado para los deportistas a nivel de aplicación de fuerza. Su uso permite integrar el trabajo realizado por los preparadores físicos con el trabajo realizado por los entrenadores, evolucionando de situaciones simplificadas a gestos específicos de juego en situaciones reales.

Palabras clave: deporte, rendimiento, preparación física, fuerza, velocidad.

ABSTRACT

The radar is an instrument that is able to directly measure the speed of moving objects in athletic activity, and it provides immediate information. Its use allows us to evaluate the speed that the athlete is able to transfer the ball without the need for utilizing external implements. The present study demonstrates the concepts and protocols for the use of the radar as an element to monitor useful strength work in these disciplines. This way, whether or not the activities carried out within training are a suitable stimulus for the athletes can be monitored. Its use allows for the integration and application of the work that is done by strength and conditioning coaches with the work done by the coaches, evolving from simplified situations to game-like actions within the actual competitive environment.

Keywords: sport, performance, conditioning, strength, speed.

INTRODUCCIÓN

El radar es un instrumento capaz de medir de forma directa e inmediata la velocidad de los objetos en movimiento de las actividades deportivas. Su facilidad de uso y el rápido aporte de información hacen de él un instrumento útil en disciplinas en las que la velocidad de los móviles lanzados o golpeados son determinantes en la eficacia de las acciones de juego. En el ámbito deportivo, los sistemas de radar más utilizados son las denominadas pistolas radar, que pueden ser empleadas sujetándolas con la mano o sobre un trípode.

La principal ventaja del radar como instrumento de medida en el ámbito deportivo, reside precisamente en la rápida aportación de la información, su posibilidad de ser utilizado en situaciones próximas a la realidad competitiva, incluso en competición, y su facilidad de uso que apenas requiere de formación. En el deporte, otro sistema de medida que ofrezca la misma información, consiste en el análisis fotogramétrico, pero el uso de estos sistemas requiere de formación específica, y de software y cámaras de filmación con características específicas (ej. calidad de filmación, imágenes por segundo de filmación, etc.). La obtención de datos mediante el análisis fotogramétrico requiere cierto tiempo de procesamiento lo que dificulta aportar feedback inmediato. Ejemplos de software de análisis fotogramétrico en el deporte son Dartfish, Kinovea, Kwon3D, o Vicon.

El principal inconveniente en el uso del radar como instrumento de medida en el deporte viene determinado por los factores que pueden distorsionar la medida. Para entender estos factores, es preciso indicar que un radar es simplemente un transceptor que emite ondas de radio y las recibe tras ser reflejadas en algún objeto que está en movimiento dentro de su rango de alcance. Su funcionamiento se basa en el principio Doppler, cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo entre la fuente, el emisor, y/o el medio. El radar, a partir de los datos referentes a la frecuencia de onda, el tiempo de emisión y el tiempo de recepción de las ondas, calcula la velocidad a la que se desplaza el objeto en movimiento.

Teniendo en cuenta el funcionamiento interno de este tipo de aparatos, se pueden enumerar cinco factores que distorsionan la medida:

- Existencia de aparatos que emitan frecuencias de ondas similares (cables alta tensión, teléfonos móviles, aparatos eléctricos como televisores, luces fluorescentes, etc.).
- Ángulo de movimiento del objeto respecto al radar. Para que la medida sea precisa, los objetos deben alejarse o dirigirse hacia el aparato de forma rectilínea (gráfico 1). Cuando esto no es así se produce un error en la medida llamado “efecto coseno”, la velocidad registrada es inferior a la real del móvil y para corregir este error hay que multiplicar la velocidad registrada por el coseno del ángulo creado entre la dirección del objeto y la orientación del radar. La mayoría de los fabricantes muestran en el manual una tabla de corrección aproximada del error de medida en función del ángulo de movimiento.
- Nivel de sensibilidad. El grado de perceptibilidad de la medida afecta el registro. A mayor sensibilidad los registros pueden verse afectados por la velocidad de partículas de polvo movido por el viento, la lluvia, etc. Para evitar estas interferencias, algunos modelos tienen programas de registro específicos que preestablecen límites para evitar tomar datos de objetos a velocidades por encima o por debajo de dichos límites.
- Existencia de distintos objetos en movimiento dentro del rango de alcance del radar (ej. pelotas en movimiento que no son el objeto de estudio, movimiento de brazos de jugadores, desplazamiento de otros rivales, etc.). El radar no es capaz de focalizar la medición en un objeto determinado, salvo modelos muy costosos, por lo que es preciso evitar la existencia de objetos en movimiento dentro del rango de medida.
- La perfecta calibración de los aparatos permite realizar un registro fiable. Esta calibración viene determinada de fábrica, pero algunos modelos permiten un proceso que implica la realización de: a) sistema de auto-diagnóstico interno de los circuitos y funciones internas, que informa del correcto funcionamiento del radar al usuario cuando la calibración del mismo es correcta o existe algún tipo de error; y b) comprobación de frecuencia de registro con un sonido estandarizado (diapasón).

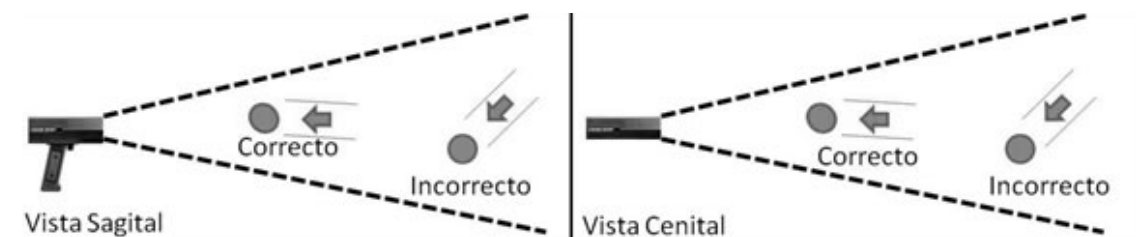


Gráfico 1. Dirección correcta e incorrecta del móvil para que su medida con una radar sea correcta (adaptado de Stalker Radar, 2010, pp.31).

Para poder utilizar el radar como instrumento válido y fiable se necesita que la situación de medición tenga un protocolo de realización validado y fiable para las acciones específicas que se quieren valorar. Estos protocolos describen todos los aspectos relativos a la situación en la que se realiza la medida (ej. la ubicación del radar, la distancia del ejecutante, forma de realizar la medición, etc.). Estos protocolos establecen la situación adecuada para medir la(s) acción(es) del deportista evitando los criterios de distorsión de la medida descritos anteriormente. Se controla la distancia a la que se ubica el radar, donde se coloca, como se orienta, etc., aspectos que pueden influir en el registro de datos. Se debe tener en cuenta que en función de la disciplina y el nivel de los deportistas, la capacidad o habilidad para dirigir el móvil directamente al radar a la máxima velocidad, puede variar. En el caso de que esto ocurriese sería necesario variar el protocolo para adaptarlo a la habilidad de los deportistas.

En el cuadro 1 se describen protocolos validados para medir diferentes acciones deportivas. Debe tenerse en cuenta que estos protocolos han sido validados únicamente para la población con la cual se ha realizado el estudio de validación.

Cuadro 1. Ejemplo de estudios que han validado protocolos de medición de la velocidad en el deporte a través de radar

AUTOR(ES)	DESCRIPCIÓN
DeRenne et al.(1990)	Deporte (habilidad), genero, y nivel: Beisbol (pitch), jugadores masculinos universitarios. Correlación de R=0.96. Instrumento de medida: pistola radar (Stalker Pro) Descripción protocolo: El radar se sitúa a la distancia de 18 metros, la real de juego, los lanzadores realizan el lanzamiento hacia el radar a la máxima velocidad posible, el radar se protege tras una malla de tela o metálica.
Kraemer et al. (2000)	Deporte (habilidad), genero, y nivel: Tenis (saque), jugadores masculinos universitarios. Correlación de R=0.98. Instrumento de medida: pistola radar (Stalker ATS) Descripción protocolo: El radar se sitúa frente al jugador, en la otra pista orientado hacia el jugador que realiza el saque, el jugador debe realizar el saque hacia la zona en la que está situado el radar.
Valadés et al. (2007)	Deporte (habilidad), genero, y nivel: Voleibol (remate), jugadoras primera división nacional femenina. Correlación de R=0.98 Instrumento de medida: pistola radar (Stalker ATS) Descripción protocolo: El radar se situó a diferentes distancias (3, 4, 5, y 6 metros) de la red orientado hacia el borde superior de la misma y protegido con una jaula metálica. El jugador debía realizar un remate en línea hacia el radar. Los mayores picos de fuerza se encontraron cuando el radar se colocaba a cinco metros de la red.
Sedano et al. (2009)	Deporte (habilidad), genero, y nivel: Fútbol (golpeo), jugadores masculinos de futbol experimentados. Correlación de R=0.99. Instrumento de medida: pistola radar (Stalker ATS) Descripción protocolo: El radar se sitúa tras la portería, quedando protegido por la malla de la misma, el balón que se golpea se sitúa a cinco metros del radar, el jugador debe golpear el balón y dirigirlo hacia el radar, debiendo golpear hacia un cuadrado de 60x60 cm en cuyo centro estaba el radar.

A modo de síntesis, en el entrenamiento el uso del radar debe respetar los siguientes aspectos:

- El protocolo debe permitir al deportista realizar el gesto técnico de forma aislada (sin oponentes) pero próximo a la realidad competitiva.
- Las distancias deben adaptarse a las características de los deportistas y a los objetivos buscados. Siempre que sea posible es recomendable que la distancia del punto de salida del móvil de juego hasta el radar, sea similar a situaciones reales de competición (ejemplo, púcher de beisbol a 18m, penalti de fútbol a 7m.) con el objetivo de propiciar situaciones próximas a las reales y que los datos registrados se tomen en dichas condiciones. En las situaciones en las que no exista una distancia establecida, se situará en la posición que mayor velocidad y precisión permita desarrollar a los deportistas, puede servir de ejemplo el estudio de Valadés et al. (2007) en el que se muestra la relación velocidad y precisión en el remate de voleibol como aspecto clave para determinar la ubicación del radar.
- En el diseño del protocolo hay que asegurarse que el deportista pueda enviar el móvil de juego, en línea recta hacia el radar. Siempre será más fiable poner el radar frente al deportista y protegerlo de posibles impactos que ponerlo por detrás, donde el propio cuerpo del deportista puede interferir en la medida.
- Durante la realización del trabajo con el uso del radar, hay que evitar la existencia de otros objetos en movimientos distintos al móvil objeto de medida dentro del rango de actuación del radar y la existencia de aparatos eléctricos cercanos que puedan distorsionar la medida.

En el ámbito deportivo, los sistemas de radar más utilizados son las denominadas pistolas radar (fig.1.1), que pueden ser empleadas sujetándolas con la mano o sobre un trípode. En el mercado, actualmente, hay modelos de radar capaces de registrar velocidades de 1 a 1287 km/h con un margen de error de 0.16 km/h, a una distancia máxima de 152 metros, y una frecuencia de registro de 0,010 segundos (Stalker ATS II, 2010). En los últimos años, los avances tecnológicos han permitido la creación de modelos orientados a disciplinas específicas como el tenis, golf, el beisbol, etc. Algunos de estos modelos cuentan con otras funciones adaptadas a la disciplina en los que son empleados. Un ejemplo es el radar swing (gráfico 2.1) que posibilita el registro de la velocidad de la bola de golf y el tiempo del swing.

Por otro lado, la posibilidad de reducir el tamaño de estos aparatos ha permitido crear modelos adaptados a disciplinas como el tiro con arco (gráfico 2.3) o disciplinas recreativas como el paintball (gráfico 2.4), donde



Gráfico 2. Ejemplos de radar empleados en distintas disciplinas deportivas

el pequeño radar es adaptable al cañón de la pistola y permite controlar si la velocidad de salida de las pelotas está dentro de los rangos de seguridad prescritos por la normativa con el fin de evitar posibles lesiones. La reducción del tamaño y del rango de alcance, permite al radar guante de beisbol (gráfico 2.5) conocer la velocidad de llegada de la bola. Esta evolución tecnológica ha permitido la creación de un prototipo de teléfono móvil con un radar incorporado (Nokia Research Center, 2010).

EL USO DEL RADAR COMO CONTROL DEL ESTÍMULO DE ENTRENAMIENTO

En las disciplinas deportivas donde existe un objeto móvil (balón, disco, etc.) como parte esencial del juego (fútbol, beisbol, tenis, voleibol, balonmano, etc.),

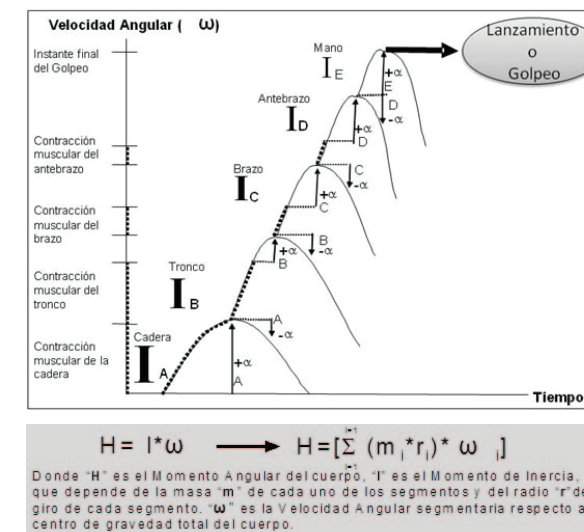


Gráfico 3. Representación del incremento de la velocidad angular durante la cadena cinética del golpeo en el remate de voleibol (Kreighbaum y Barthels, 1981, adaptada por Gutiérrez, et al., 1992) y principio de conservación del momento angular.

dos de los principales aspectos para el éxito de algunas de las acciones del juego son la fuerza que el deportista es capaz de transferir al móvil y la precisión lograda en la trayectoria del móvil. Ejemplos de habilidades en los cuales la fuerza y la precisión son parámetros mecánicos básicos para el éxito deportivo son el saque en tenis (Menayo et al., 2008), el remate en voleibol (Ferris et al., 1995), el saque de voleibol (Quiroga et al., 2010) el lanzamiento del pitcher en beisbol (Spaniol, 2009), el lanzamiento del penalti en fútbol (Juárez y Navarro, 2006) en balonmano (Revilla et al., 2011) o en waterpolo (Alcaraz, et al., 2011), etc. En todos estos ejemplos, la velocidad final del móvil depende directamente de la velocidad segmentaria generada en la extremidad con la que se produce el lanzamiento o el golpeo (gráfico 3).

La eficacia mecánica de la ejecución (máxima velocidad final) se logra a través de la correcta realización de una cadena cinética. Durante su realización, debido al principio de conservación del momento cinético y como la masa de los siguientes segmentos corporales son cada vez más pequeñas, se incrementa la velocidad final del segmento distal de forma paulatina (gráfico 3). El entrenamiento técnico y físico busca: a) mejorar la aplicación de fuerza en cada uno de los segmentos corporales que interviene en la cadena cinética, a través del aumento de la velocidad generada en cada segmento corporal; y b) mejorar la transferencia de velocidad de uno segmento corporal a otro.

Para mejorar la velocidad de los segmentos corporales se requiere generar mayor fuerza en menor tiempo (*Potencia = Fuerza x Velocidad*). Esto se logra con el trabajo de cargas ligeras (<30% de la fuerza máxima isométrica) a través de una mejora en la *coordinación intramuscular* (Newton y Kraemer, 1994). En este tipo de trabajo de fuerza es necesario que la velocidad de ejecución sea la máxima posible. Para mejorar la transferencia de la velocidad generada entre los segmentos corporales, es necesario mejorar la *coordinación intermuscular* de la musculatura implicada en la cadena cinética del gesto técnico. Para lograr este objetivo es vital que las tareas planteadas sean similares a los gestos técnicos realizados en competición (Bompa, 2005, pp. 50-51).

El radar al registrar la velocidad de ejecución de forma inmediata y no implicar elementos externos puede servir como instrumento de control del entrenamiento de fuerza aplicada en situaciones próximas a la realidad ejecutadas a velocidades similares a las realizadas en competición (Cook, 2001 pp. 46). El tipo de trabajo de fuerza necesario para la coordinación inter e intra muscular requiere que el deportista debe estar implicado y concentrado en el trabajo a realizar.

Como el radar aporta información sobre la ejecución permite al deportista y al preparador físico/entrenador conocer cuando las ejecuciones de los ejercicios no se efectúan a la potencia mínima exigida. La información que aporta el radar permite establecer el momento en que las ejecuciones del deportista no impliquen el estímulo adecuado de entrenamiento. El número de repeticiones a realizar será aquel que permita mantener la máxima velocidad en la ejecución (<10%) (Izquierdo y González-Badillo, 2008, pp. 667). De esta forma, se controla que cada repetición se realice a la potencia deseada y con ello que el estímulo de entrenamiento sea adecuado al objetivo planteado (Egger, Astrua y Padullés, 1995). Se debe tener en cuenta que el radar aporta información sobre el resultado de la ejecución y no sobre el proceso. Por ello, su uso no suprime la necesidad de controlar la correcta ejecución de la acción.

El radar puede ser un instrumento de uso habitual para los preparadores físicos. Su fácil uso, la aportación de información inmediata, y la validez de los datos una vez establecido los protocolos adecuados, permiten controlar la calidad del entrenamiento y la evolución de sus deportistas. Es preciso recordar que la utilización del radar busca ser un medio para ayudar a mejorar los resultados de los deportistas. Al emplearlo en los entrenamientos, el jugador no debe verlo como un instrumento de evaluación sino como un instrumento de control que le ayude a mejorar.

REFERENCIAS

- Alcaraz, P.E., Abrales, A.J., Ferragut, C., Rodríguez, N., Argudo, F.M. & Vila, H. (2001). Throwing velocities, anthropometric characteristics, and efficacy indices of Women's European Water Polo Subchampions. *J Strength Cond Res*, 25(11): 3051-3058.
- Bompa, T. & Carrera, M. (2005). *Periorization training for sports* (pp. 50-51). 2ª ed. United Kingdom. Bradford Road: Human Kinetics.
- Cook, G. (2001). Chapter 2. Baseline sports-fitness testing. En Bill Foran (Eds), *High-performance sports conditioning* (pp. 19-48). United Kingdom: Human Kinetics.
- 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.
- Egger, J.P., Astrua, M. & Padullés, J.M. (1995). Valoración y programación personalizada del entrenamiento de fuerza. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, Tomo IX (3), 5-9.
- Ferris, D., Signorile, J.F. & Caruso, J.F. (1995). The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. (NSCA) *Journal Strength and Conditioning Research*. 9 (1), 32-36
- Gutiérrez, M., Santos, J. & Soto, V. (1992). *Análisis biomecánico del remate en voleibol*. Madrid: Federación Española de Voleibol.

- Izquierdo, M. & González-Badillo, J.J. (2008). Capítulo 32. Prescripción del entrenamiento de fuerza (pp. 663-675). En M. Izquierdo (Eds), *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid: Panamericana.
- Juárez, D. & Navarro, F. (2006). Análisis de la velocidad del balón en el tiro en futbolistas en función de la intención de precisión. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 16, 39-49.
- Kraemer, W.J., Piorkowski, P.A., Bush, J.A., Gómez, A.L., Loebel, C.C., Volek, J.S., Newton, R.U., Mazzetti, S.A., 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.
- Menayo, R., Fuentes, J.P., Moreno, F.J., Clemente, R. & García Calvo, T. (2008). Relación entre la velocidad de la pelota y la precisión en el servicio plano en tenis en jugadores de perfeccionamiento. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 21, 17-30
- Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. (NSCA) *Journal Strength and Conditioning Research*, 16 (5), 20-31
- Nokia Research Center (2010). Mobile radar research concept. Disponible en <http://research.nokia.com/news/9421>.
- Quiroga, M.E., García-Manso, J.M., Rodríguez-Ruiz, D., Sarmiento, S., de Saa, Y., & Moreno, M.P. (2010). Relation between in-game role and service characteristics in elite women's volleyball. *Journal Strength and Conditioning Research*, 24 (9), 2316-2321.
- Revilla, J., Grande, I., Sampedro, J. & Tillaar, R. (2011). Influence of opposition on ball velocity in the handball jump throw. *Journal of sports science and medicine*, 10(3), 534-539.
- Sedano, S., De Benito, A.M., Izquierdo, J.M., Redondo, C. & Cuadrado, G. (2009). Validación de un protocolo para la medición de la velocidad de golpeo en fútbol. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 96, 42-46.
- Spaniol, F.J. (2009). Baseball Athletic Test: A Baseball-Specific Test Battery. *Journal Strength and Conditioning Research*, 31(2), 26-29.
- Stalker ATS II Radar (2010). *Professional sports radar*; Owner Manual. Recuperado en Marzo 26, 2010 disponible en http://www.stalkerradar.com/sportsradar/documents/011-0094-00_Stalker_ATS_II_owners_manual_Rev_B.pdf.
- Stevens, H.B., Brown, L.E., Coburn, J.W. & Spiering, B.A. (2010). Effect of swim sprints on throwing accuracy and velocity in female collegiate water polo players. *Journal Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1195-1198.
- Valadés, D., Palao, J.M., Femia, P. & Ureña, A. (2007). Validez y fiabilidad del radar para el control de la velocidad del remate en voleibol. *Cultura Ciencia y Deporte*, 4(6-2), 131-138.