

APLICACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LANZADORES DE PENALTY EN FÚTBOL

Castillo,J.M.; Oña,A.; Raya,A. y Martínez,M.A.

Departamento de Educación Física y Deportiva, Fac. Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada.

RESUMEN

A pesar de reconocerse como la base del rendimiento de la mayoría de habilidades deportivas, pocos entrenadores reconocen que el funcionamiento de la visión es una habilidad aprendida susceptible de mejora. El objetivo principal de este estudio pretende medir la eficacia en goles y táctica individual de lanzadores expertos de penalty en fútbol utilizando un novedoso sistema automatizado de emisión de estímulos visuales aplicado en la situación habitual de campo. Lanzadores de penalty (n = 9) realizaron una prueba pre-tratamiento de 24 intentos en situación real frente a porteros (n = 3). Posteriormente, completaron un entrenamiento de 10 sesiones utilizando el sistema automatizado sin porteros y, finalmente, repitieron de nuevo la misma prueba inicial consiguiendo entonces significativamente más goles en la medida post-tratamiento. Además, se encontraron diferencias tácticas en base a la dirección de los lanzamientos respecto a la actuación del portero. Los resultados sugieren que el lanzamiento de penalty en fútbol puede plantearse como una habilidad motriz abierta, en función de la actuación del portero, reduciendo el tiempo de procesamiento de la información y de la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento visual, lanzador, penalty, fútbol, expertos, toma de decisiones, control motor.

ABSTRACT

Despite recognising like the performance's base of the majority of sports abilities, few trainers recognise that visual function is a learned ability that can be improved. The main aim of this study tries to measure efficacy in goals and individual tactic of high-skill penalty-kickers in soccer using a new automatic system of emission visual stimulus applied in the habitual situation field. Penalty-kickers (n = 9) made a pre-treatment test of 24 trails in real situation opposite the goalkeepers (n = 3). Later, they completed a training of 10 sessions using the automatic system without goalkeepers. Finally, they again repeated the same initial test, then they got more goals in post-treatment test. Furthermore, tactic differences were found based on throwing direction due to the goalkeeper action. Scores suggested that the penalty-kick in soccer may be planned like an open motor ability, depending on the goalkeeper's action, reducing the information processing time and decision-making.

KEY WORDS: Visual training, penalty-kicker, soccer, high-skill, decision-making, motor control.

1. INTRODUCCIÓN

En el rendimiento motor humano la visión es el receptor determinante que administra la mayor cantidad de información acerca del movimiento de objetos y las características espacio-temporales del entorno. Autores como Schmidt (1988) han calificado al sistema visual como el sistema receptor más importante para suministrar información sobre el movimiento objetos en el mundo que nos rodea. Igualmente Cutting (1986) afirma que el sistema visual tiende a dominar sobre el resto de sistemas de entrada de información sensitiva, permitiendo conocer nuestro entorno y movernos en él. Payne y Isaacs (1987) mantienen que la mayoría de tareas motoras se inician como respuesta de información visual. La visión es el sentido dominante por el que la información se recibe y procesa durante las primeras fases del aprendizaje motor. Según Hubel (1988), el 30% de los procesos cerebrales están dedicados a la información visual. Igualmente Magill (1989), señala a la visión como el sistema sensorial predominante e indica que la información visual juega un importante papel en el control de diversas habilidades.

La investigación ha transcurrido en tres líneas, fundamentalmente, para demostrar tres proposiciones: que los deportistas tienen unas habilidades visuales superiores a los no deportistas; que los deportistas de élite poseen unas habilidades visuales superiores a los deportistas de menor nivel; y que las habilidades específicas se puede mejorar con el entrenamiento. Estas tres proposiciones se mantienen vigentes pero existen discrepancias respecto al papel que juega la visión en el deporte (Williams et al, 1999).

En la actualidad son muchas las investigaciones que han demostrado la relación tan estrecha que existe entre las habilidades perceptivas y el rendimiento en el deporte (Williams et al, 1993). Los deportistas expertos han demostrado mayor capacidad, por ejemplo, para utilizar más eficazmente las señales de anticipación a la dirección de balón (Isaacs y Finch, 1983; Abernethy, 1990; Williams y Burwitz, 1993; McMorris et al, 1993; McMorris y Colenso, 1996); para reconocer, recordar y clasificar semánticamente situaciones estructuradas de juego (Allard y Burnett, 1985; Williams y Davids, 1995); y para tomar decisiones más precisas en situaciones deportivas específicas (Bard y Fleury, 1981; Helsen y Pauwels, 1993; Ripoll, 1991; Williams et al, 1993; Williams et al, 1994; McMorris y Beazeley, 1997; Williams y Davids, 1998). Todas estas investigaciones enfatizan la influencia del aprendizaje, desde una perspectiva

cognitiva, de los factores denominados software (Starkes y Deakin, 1984), sobre el rendimiento deportivo.

No obstante, a pesar de reconocerse como la base del rendimiento de la mayoría de habilidades deportivas, pocos entrenadores reconocen que el funcionamiento de la visión es una habilidad aprendida susceptible de mejora. En este sentido, Milner y Goodale (1995) afirma que el concepto de sistema visual ha evolucionado para convertirse en un apoyo sobre la respuesta comportamental adaptativa.

Teóricamente, la habilidad de los expertos para codificar y recuperar información en el deporte de forma efectiva y precisa debería de ser extremadamente valiosa en la toma de decisiones. Wickens (1992) argumenta que los expertos son capaces de seleccionar la/s señal/es más relevante/s de la situación basada en una parcelación perceptiva. Además, ellos tienen un mayor repertorio de soluciones posibles almacenadas en la memoria a largo plazo y son mejores para calibrar sus decisiones, probabilidades y riesgos.

En cualquier caso, la simplicidad o la artificialidad de tareas en laboratorio pueden reducir la ventaja de los expertos, debido a la modificación que se produce en la tarea por la aplicación de protocolos experimentales que tienden a abstraer el acceso a vías de información o induciéndoles hacia otras diferentes a las que utilizan normalmente para solucionar un problema concreto (Abernethy et al, 1993). Los argumentos a favor del incremento de la validez ecológica en los paradigmas de investigación son cada vez más familiares en el deporte y en las ciencias del ejercicio (Williams et al, 1992). Su fundamento se basa en que cuanto más cercanos sean los protocolos experimentales que replican una tarea natural o habitual mayor será la ventaja del experto sobre el inexperto o novato (Abernethy et al, 1993).

Son escasos los estudios que han intentado examinar habilidades visuales específicas que reproduzcan situaciones reales si exceptuamos, por ejemplo, al servicio en tenis (Goulet et al, 1989; Farrow et al, 1998; Williams et al, 1998), el pateo en golf (Vickers, 1992), el disparo a portería en hockey hielo (Vickers et al, 1998) o el penalty en fútbol (Tyldesley et al, 1982) concebidas todas ellas como habilidades relativamente “cerradas”.

El lanzamiento de penalty puede situarse dentro del patrón general de lanzamientos y golpes propuesto por Kreighbaum y Barthler (1981), considerando como patrón de movimiento al conjunto de aquellas destrezas con desplazamientos similares u objetivos análogos. De acuerdo Poulton (1957),

quien distingue los conceptos de abierto y cerrado para destacar el papel que el contexto espacio-temporal tiene en el aprendizaje y en la ejecución de las habilidades motrices, el lanzamiento de penalty podemos entenderlo como una habilidad motriz abierta si el lanzador ejecuta el ensayo entendido como una toma de decisión táctica que supone tener en cuenta la posición del portero en el momento del golpeo. Las habilidades abiertas parecen requerir rápidas adaptaciones en un ambiente cambiante, mientras que las habilidades cerradas requieren ejecuciones constantes y estables en un entorno predecible (Schmidt, 1988).

Pero si buscamos una argumentación rigurosa a la utilización de los distintos golpes, diremos, en primer lugar, que el patrón general del movimiento consiste en un desplazamiento del sistema más una secuencia de rotaciones segmentarias denominadas Cadena Cinética (Gutiérrez y Soto, 1992).

Según manifiestan Zernicke y Gregor (1979), en la mecánica general de la Cadena Cinética implicada en el golpeo de balón con el pie con el objetivo de alcanzar una velocidad del móvil importante, la secuencia de participación segmentaria se inicia con una rotación de la cadera a través del eje vertical del pie de apoyo, seguida de una flexión de la cadera y rodilla de la pierna de golpeo y, finalmente, una rápida extensión de la rodilla.

En cambio, según Gutiérrez, Raya y Soto (1994), siempre que el golpeo requiera una gran precisión, el modelo de Cadena Cinética cambia hacia lo denominado por Kreighbaum y Barthels (1981) como Modelo de Empuje. Esto nos hace pensar que la precisión en el golpeo no sólo depende de la mayor o menor superficie de contacto utilizada, sino que es necesario también la sincronía de participación segmentaria que aporta el Modelo de Empuje.

Gutiérrez y Raya (1994) encuentran diferencias significativas en la velocidad tangencial del pie cuando éste toma contacto con el balón utilizando diferentes superficies de contacto (interior y empeine interior), lo cual ratifica lo afirmado en tratados generales (Gayoso, 1982; Csanádi, 1984). Según Gutiérrez y Raya (op. cit.), las causas de que el pie alcance una mayor velocidad final cuando el golpeo se realiza con el empeine interior del pie, pueden deberse a tres factores: a) la secuencia temporal de participación segmentaria utilizada en el golpeo, lo que ratifica la teoría general expresada por Kreighbaum y Barthels (1981) y los trabajos de Robertson y Mosher (1985); b) la mayor distancia entre el centro de gravedad (Cg.) y el talón del pie de golpeo, lo que confirma los estudios realizados por Atwater (1980) relativas al incremento del radio como

factor que determina la velocidad de salida de un móvil en el golpeo y; c) la mayor desaceleración producida por el Cg. durante el golpeo, lo que facilita la creación de un momento angular determinado sobre el miembro inferior (Gutiérrez y Soto, 1992).

El hecho de que exista una mayor velocidad y desaceleración en el plano transversal del Cg. cuando el golpeo se realiza con el empeine interior del pie hace posible que el Cg. se encuentre más retrasado con respecto al apoyo en el instante que contacta con el suelo. Este hecho, además de facilitar la coordinación de impulsos segmentarios (Hochmuth, 1973), hace que la amplitud de movimiento sea mayor.

Por tanto, la superficie de contacto aconsejable para el lanzamiento de penalty que en este estudio planteamos confirmaría al empeine interior como la mejor opción técnico-táctica individual.

En opinión de Hughes (1994), cada vez con más frecuencia se decide el resultado de un partido de fútbol a través de un lanzamiento de penalty. Su importancia es indudable si tenemos en cuenta que desde el Copa de Mundo de España '82 hasta Francia '98 se ha duplicado el porcentaje de goles conseguidos de penalty (Miller, 1986; Castillo et al, 2000), incluyendo el partido final de USA '90 cuyo resultado se decidió por rondas de penalty. En España '82 se convirtieron 17 de 22 lanzamientos de penalty (77%, 8 de 10 durante el tiempo reglamentario); en Méjico '86, 33 de 43 intentos (77%, 12 de 16); en Italia '90, 41 de 56 intentos (73%, 13 de 18); en USA '94, 33 de 44 intentos (15 de 15); y en Francia '98, 37 de 46 intentos (80%, 17 de 18).

El estudio de la situación de penalty en fútbol entorno a la anticipación del portero ha suscitado una atención especial a tenor de las investigaciones llevadas a cabo (Kuhn, 1988; Williams y Burwitz, 1993; McMorris et al, 1993; Fradua et al, 1994; McMorris et al, 1995; McMorris y Colenso, 1996).

Refiriéndonos a Kuhn (1988), comprueba que el penalty a menudo se lanza a una velocidad superior a 75 Km/h ante lo cual, el portero dispone de 400 ms para salvar la situación. En ese tiempo el portero tiene que averiguar la trayectoria del balón, su velocidad, decidir la respuesta más adecuada y ejecutarla. Es improbable que el portero pueda realizar todo ello en menos de 400 ms. McMorris y Colenso (1996) afirman que es más probable que porteros profesionales hayan aprendido a usar los índices de información precontacto y contacto más eficazmente que porteros no experimentados, como ocurre en el caso de McMorris et al (1993) donde se utilizaron porteros colegiales. Castillo et

al (2000) encuentran cómo la anticipación de los porteros alcanza hasta 360 ms en el análisis de la secuencia temporal de eventos de los 46 lanzamientos penalty intentados durante la Copa del Mundo de Francia '98. Recordemos la modificación introducida en el reglamento FIFA (1998) en su regla XIV por la cual el portero puede moverse lateralmente sobre la línea de meta.

Esta limitación temporal podría ser aprovechada por lanzador para obtener información acerca de la posición del portero en el momento del golpeo. Entendemos por feedback a toda la información que el deportista recibe mientras ejecuta la tarea o como resultado de la ejecución de la misma (Schmidt, 1988). El tiempo mínimo necesario para procesar la información, incluyendo el feedback, excepto en programas motores cortos y rápidos, puede estar entre 180-200 ms (Johanson y Westling, 1984).

Por su parte McLeod (1987) sitúa en 200 ms al tiempo de reacción visual como el tiempo de latencia inherente por encima del cual pueden realizarse posibles correcciones basadas en la visión. McLeod y Jenkins (1991) estudian las posibilidades de que los jugadores de crickets puedan reaccionar ante la bola a una velocidad menor a 200 ms. Como réplica Whiting (1991) argumenta la posibilidad acercarse a este tiempo en los citados jugadores sólo si se implica el uso de la variable tau.

Respecto a la estrategia visual, y aunque se han propuesto distintos argumentos (Abernethy, 1991; Ripoll, 1991), son escasos los estudios que han intentado clarificar empíricamente la utilización de la visión foveal y periférica. Bayer (1986) apunta que el objetivo en el principiante, gracias a la visión periférica, puede mejorar porque le permite descentrarse o liberarse de la atracción que supone el balón.

El presente estudio tiene varios objetivos que parten de la utilización foveal y periférica de la información visual: Primero, desarrollar un sistema automatizado de emisión de estímulos visuales, que incluya el instrumental y software específico, de fácil utilización durante el entrenamiento habitual en campo de situaciones de lanzamiento a portería. Segundo, conseguir que dicho sistema simule el espacio libre y su momento de aparición al que se enfrenta el lanzador en situación real. Tercero, aplicar dicho sistema a una tarea motriz abierta como el lanzamiento de penalty, en condiciones de respuesta de reacción de elección, considerado así en función de la actuación del portero. Cuarto, mejorar la eficacia del jugador en el lanzamiento de penalty entrenando la velocidad de procesamiento de información y la toma de decisiones. Quinto,

comprobar el efecto que, sobre el estilo habitual de lanzamiento de los jugadores, provoca la aplicación del entrenamiento utilizando el sistema automatizado desarrollado.

2. MÉTODO

Sujetos

Como sujetos experimentales han participado voluntariamente 9 jugadores y 3 porteros de fútbol ($M = 26.8$ años, $SD = 4.2$), todos ellos en activo con experiencia profesional y semiprofesional en categoría nacional (2ª A, 2ª B y 3ª división) durante una media de 13.7 años ($DS = 3.3$), siendo los primeros habituales lanzadores de penalty en sus equipos respectivos.

Instrumental

De un modo genérico, como soporte físico se ha desarrollado una unidad electrónica para compatibilizar los periféricos de entrada y salida de señal a un ordenador PC portátil (Toshiba 2520 CDS). Como periféricos de entrada distinguimos dos plataformas electrónicas de contacto TKK 1264-II de 0.5×0.6 m que se activan a modo de interruptores al presionarlas. Como periféricos de salida existen cuatro focos de luz (Philips par 38-100 W) situados en cada una de las cuatro parcelas (0.90 m respecto a cada poste) de la portería delimitadas por bandas elásticas blancas (figura 1).

Se trata de un dispositivo electrónico diseñado especialmente que recoge la señal eléctrica de entrada, consecuencia de la presión sobre la alfombrilla de contacto, pasándola al ordenador a través de un cable Centronics© y utilizando el puerto paralelo de impresora según describe Martínez (1994). El dispositivo está alimentado eléctricamente a 220 voltios para suministrar la señal de salida, que parte de éste mismo dispositivo, para iluminar las luces (figura 2).

En la figura 3 se representa su diagrama de bloques funcionales, en el cual no se representa la alimentación (tanto continua como alterna) aunque, obviamente, deben suponerse conectadas a sus respectivos bloques, como bien se apreciaría en un esquema del circuito. Los interruptores (alfombrillas) proporcionan un dato binario (un bit) al ordenador a través de unos optoacopladores que aíslan eléctricamente al puerto paralelo del dispositivo. A partir de estos datos de entrada el programa elabora una salida que, igualmente aislada por medio de optoacopladores, disparan los triacs de potencia los cuales controlan el encendido de las lámparas.

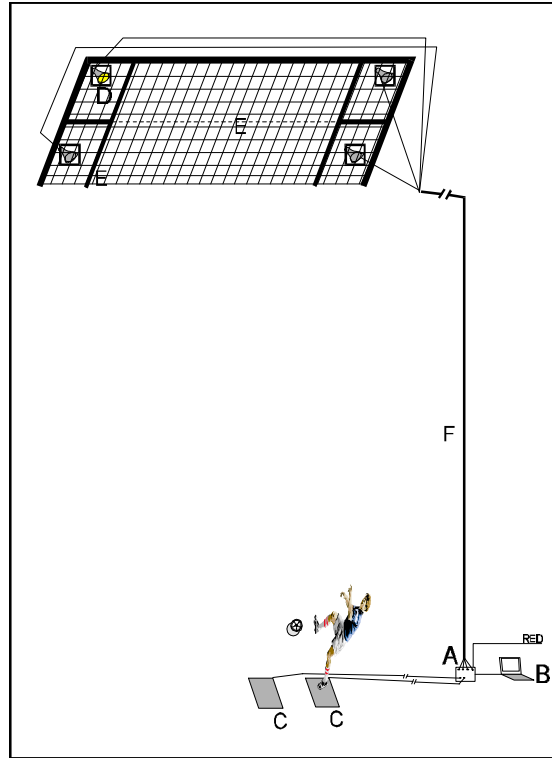


Figura 1. Estructura del sistema automatizado: A.- Dispositivo electrónico; B.- PC portátil; C.- Bases de respuesta; D.- Focos de luz; E.- Bandas elásticas; F.- Cable alargador de corriente.

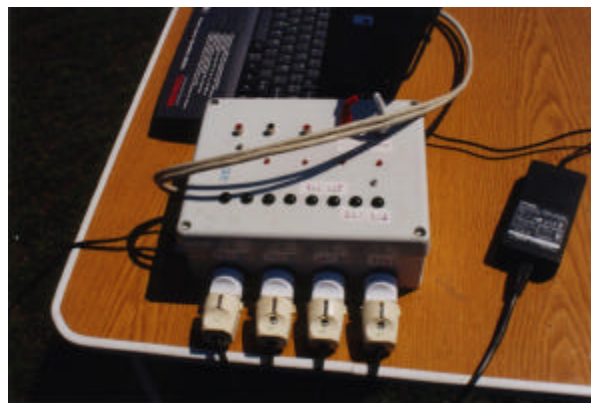


Figura 2. Dispositivo electrónico de entrada y salida de señales conectado por el cable Centronics al puerto paralelo.

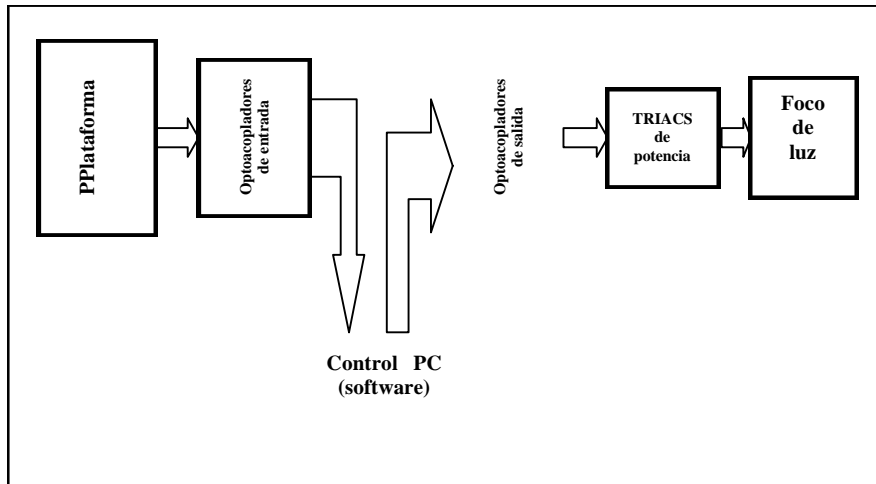


Figura 3. Diagrama de bloques del dispositivo electrónico.

Como soporte lógico o software específico se desarrolló la aplicación Futboluz© bajo el sistema operativo Windows 95/98, utilizando el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic 6.0, para controlar y temporalizar los periféricos de entrada y salida. Con el programa se ha pretendido que el proceso automatizado desde que el jugador entra en contacto con cualquiera de las dos alfombrillas hasta el encendido de la luz en la esquina seleccionada aleatoriamente se lleve a cabo eficazmente, reduciendo al máximo las posibles inercias temporales. A su vez, se buscó la máxima automatización, evitando la intervención del factor humano y los errores que ésta pudiera acarrear. El manejo de la aplicación es de gran sencillez, lo que facilita su uso y configuración. Básicamente lo que la aplicación realiza es generar un número al azar entre 1 y 4, que corresponderá a cada una de las esquinas de la portería parcelada, cuando el jugador pulse cualquiera de las dos alfombrillas, con una inercia de una milésima de segundo, e iluminará el foco de luz correspondiente a ese número.

En el apartado de material específico de fútbol se utilizaron balones Adidas Questra adecuados para césped. La grabación de las sesiones se realizó con cámara de vídeo Hi8 Sony Handycam CCD-V900E con lente de conversión en anchura X.07 Sony VCL-0752B.

Procedimiento

La fase experimental de toma de datos en este estudio incluye 14 sesiones prácticas de las cuales las dos primeras corresponden a la situación pre-

tratamiento, las diez siguientes a la situación de tratamiento y las dos últimas a la situación post-tratamiento. La frecuencia de las sesiones fue de dos sesiones por semana.

En la situación pre y post-tratamiento, cada lanzador realizó un total de 24 lanzamientos separados en dos sesiones de doce intentos cada una frente a portero, de acuerdo con un orden también establecido, de modo que cada ronda de lanzamientos era iniciada por un portero distinto. Así, al final de la sesión cada lanzador había realizado igual número de intentos a cada uno de los porteros.

En situación experimental de tratamiento no actuaban los porteros, utilizando sólo el sistema automatizado descrito en el apartado de instrumental. Cada sujeto realizaba 10 lanzamientos por sesión en el orden establecido. Los porteros vistieron camiseta color rojo.

El intervalo entre ensayos en situación pre y post-tratamiento era aproximadamente de 4 minutos, lo que resultaba en una duración de la sesión de entre 35-40 minutos. En situación de tratamiento, sin porteros, el tiempo entre ensayo estaba entorno a unos 3 minutos, dando lugar a sesiones de 25-30 minutos de duración.

Variables

Existe una sola variable independiente: Tratamiento aplicado utilizando el sistema automatizado del apartado de instrumental y procedimiento descritos.

Se determinaron dos variables dependientes básicas:

- Eficacia en goles. Se analiza la eficacia en la tarea de penalty a través del número total de GOLES conseguidos en situación real frente a portero.
- Eficacia táctica. Se analiza la eficacia táctica individual a través del número de lanzamientos realizados en dirección no coincidente (DNC) respecto a la actuación del portero. Es decir, diremos que un lanzamiento se ha realizado en DNC cuando el movimiento final del portero en su intento de detener el balón no coincide con la dirección de dicho lanzamiento.

Como variables dependientes derivadas se distinguieron el número de penaltis parados por el portero y número de penaltis enviados fuera o al poste.

3. RESULTADOS

El apartado estadístico constará de un análisis cuantitativo centrado en las variables dependientes básicas y de otro cualitativo por la asociación de éstas. Es decir, nos planteamos conocer si existe una asociación entre variable GOL y variable DNC tratando de averiguar si cuando el lanzamiento se realiza en dirección no coincidente respecto a la actuación del portero aumentan las posibilidades de conseguir gol.

Tras comprobar la distribución normal de los datos, la Tabla 1 muestra los resultados totales alcanzados a lo largo de todas las variables en las situaciones pre y post-tratamiento. Utilizando la prueba T de Student para muestras dependientes, encontramos diferencias significativas en la variable dependiente GOLES ($T = 4.08$, $df = 8$, $p < .01$), en la variable dependiente DNC ($T = 3.07$, $df = 8$, $p < .05$) y en el valor de asociación GOLES en DNC ($T = 2.77$, $df = 8$, $p < .05$). Estas diferencias se pueden observar gráficamente en la Figura 4.

Tabla 1. Resultados totales conseguidos en las situaciones pre y post-tratamiento.

SITUACIÓN	Intentos	Goles*	DNC*	Goles en DNC**	Parados	Fuera-poste	Fuera-poste en DNC
PRE-TRATAMIENTO (n= 9)	216	152	100	91	39	26	9
POST-TRATAMIENTO (n= 9)	216	185	136	124	13	18	12

DNC= Dirección no coincidente. * $p < .05$ ** $p < .01$

Respecto a la situación de tratamiento, la Tabla 2 muestra el número de aciertos por parcelas conseguidos a lo largo de las diez sesiones. Podemos observar cómo la primera sesión arrojó los valores más bajos tanto en el total como sobre las parcelas (superior izquierda y derecha, inferior izquierda y derecha). Si distinguimos la parte superior e inferior, se aprecia una diferencia considerable que podría evidenciar la dificultad técnica que conlleva la tarea. No se aprecian diferencias tan pronunciadas entre parte izquierda y derecha.

Los resultados de una prueba ANOVA global sobre el efecto de la aplicación del tratamiento muestran diferencias significativas ($F = 7.96$, $p < .05$). La Figura 5 representa la evolución del número de goles totales conseguidos en la portería parcelada a lo largo de las diez sesiones.

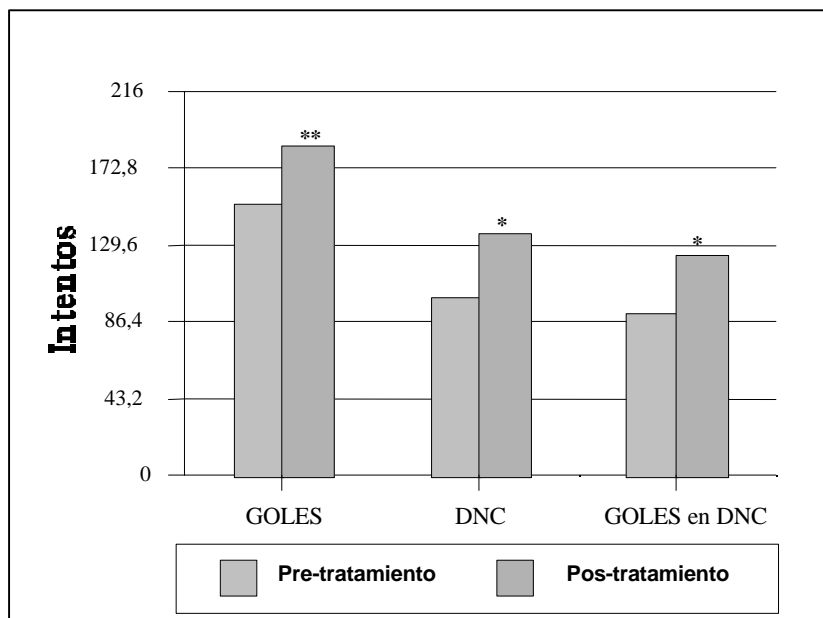


Figura 4. Diferencias pre y post-tratamiento en la variable goles (** $p < .01$), DNC ($p < .05$) y goles en DNC ($p < .05$).

Tabla 2. Aciertos por parcelas durante las sesiones de tratamiento.

Sesión / Sujeto	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	total
PARCELAS	2 4 8 9	6 7 8 11	7 6 11 7	4 6 10 10	3 3 11 8	3 10 14 10	4 9 7 9	3 8 13 10	6 8 8 12	7 11 9 17	45 72 99 103
TOTAL	23	32	31	30	25	37	29	34	34	44	319
ARRIBA	6	13	13	10	6	13	13	11	14	18	117
ABAJO	17	19	18	20	19	24	16	23	20	26	202
IZQUIERDA	10	14	18	14	14	17	11	16	14	16	144
DERECHA	13	18	13	16	11	20	18	18	20	28	175

Pero incidimos aún más para determinar en qué momento produce efecto el tratamiento aplicado. Realizamos para ello una prueba t de contraste múltiple por pares entre las sesiones, observando cómo a partir de la sexta sesión se observan diferencias significativas ($p < .05$) respecto a la primera sesión. En la octava sesión aumentan hasta muy significativas esas diferencias ($p < .01$), que vuelven a confirmarse en la última sesión ($p < .01$). También se observan diferencias entre las sesiones cuarta, quinta y séptima respecto a la última sesión ($p < .01$).

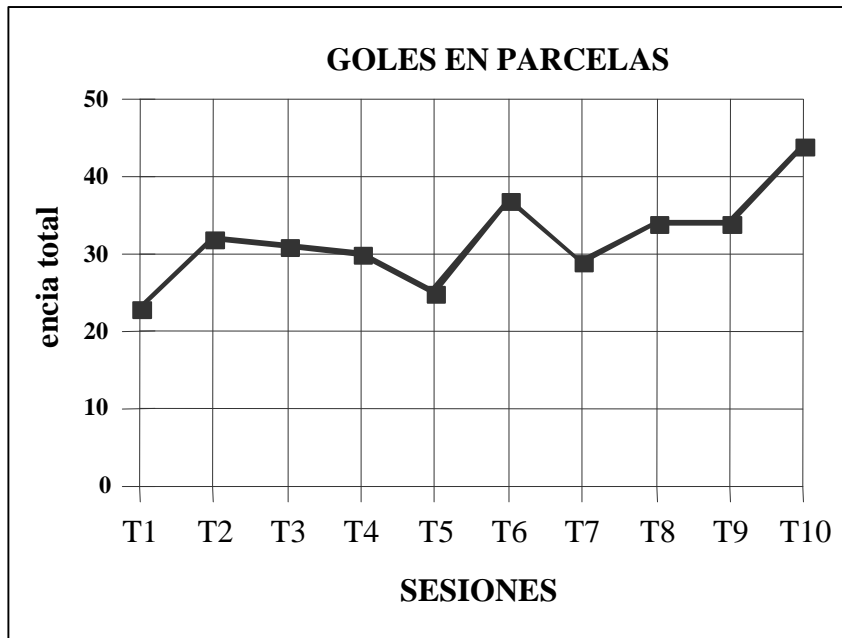


Figura 5. Goles totales conseguidos en las parcelas por ambos grupos a lo largo de las diez sesiones de tratamiento.

Por último, el planteamiento para la correlación de las variables dependientes básicas debe ser cualitativo y no cuantitativo. Esto es, queremos saber si existe relación entre las variables GOL y DNC, de forma que comprobemos si el hecho conseguir gol en la tarea de penalty esta asociado o relacionado en alguna medida con el hecho de lanzar en dirección contraria o no coincidente con la actuación del portero.

Ante tal asociación cualitativa utilizamos una tabla de contingencia 2 X 2 que refleje todas las posibilidades que pueden darse en la situación de penalty: La primera posibilidad será conseguir GOL que, a su vez, conlleva la posibilidad de conseguirlo lanzando al lado contrario (DNC con la actuación final del portero), o conseguirlo lanzando hacia el mismo lado de la acción del portero (DC). La segunda posibilidad será errar el intento lanzando fuera o al poste pero habiéndolo en DNC, o errar lanzando en DC y parándolo éste, el poste o lanzarlo fuera.

Por todo ello hemos planteado dicha tabla de contingencia, para una prueba de independencia de variables cualitativas, aplicando concretamente la

prueba chi-cuadrado de Pearson, con lo que se precisa estudiar cada uno de los 216 lanzamientos de las situaciones pre-tratamiento (91 goles en DNC, 61 goles en DC, 9 lanzados fuera o al poste en DNC y 55 parados por el portero o lanzados fuera o al poste) y post-tratamiento (124 goles en DNC, 61 goles en DC, 12 lanzados fuera o al poste en DNC y 19 parados por el portero o lanzados fuera o al poste).

Los resultados obtenidos muestran una asociación que va desde muy significativa ($p < 0.01$) hasta altamente significativa ($p < 0.001$). Dicha valores no dejan lugar a dudas pero, si atendemos al valor chi-cuadrado de Pearson, observaremos que en la situación pretratamiento dicho valor es más alto. Esto indicaría que en la situación pretest (χ^2 Pearson = 38.00, $df = 1$, $p < .0001$) existía más probabilidad de conseguir GOL si se lanzaba en DNC. Por el contrario, en la situación post-tratamiento (χ^2 Pearson = 9.13, $df = 1$, $p < .01$) quizá debido a la exigencia técnica en precisión diseñada para el tratamiento, no sería tan indispensable realizar el lanzamiento en DNC.

4. DISCUSIÓN

Creación del sistema automatizado

Uno de los objetivos que pretende un sistema automatizado aplicado a un gesto deportivo es precisamente simular la situación real permitiendo así manipular o actuar sobre alguna de sus claves de eficacia. El objetivo final intenta que exista una transferencia hacia la situación real en competición.

El interés por el estudio de las habilidades motoras ha hecho que evolucionen los sistemas basados en la simulación deportiva que va desde el análisis de situaciones deportivas mediante simulaciones de imágenes estáticas o dinámicas (p.e. Williams y Burwitz, 1993; McMorris y Colenso, 1996; Williams et al, 1994), pasando por el estudio de las estrategias visuales y la consecuente toma de decisiones tácticas (p.e. Bard y Fleury, 1981; Tyldesley et al, 1982; McMorris y Beazeley, 1997; Helsen y Pauwels, 1993; Williams y Davids, 1998), hasta llegar a idear sistemas totalmente computerizados que controlen el aporte de información estimular, el registro del comportamiento motor del deportista y la administración de feedback para mejorar la eficacia (p.e. Arellano y Oña, 1997; Oña, 1990; Oña et al, 1990; Oña et al, 1994; Martínez, 1994; Cárdenas, 1995; Moreno, 1996; Párraga, 1999). Este es el caso fundamentalmente de situaciones que han intentado mejorar los parámetros de eficacia entorno a la Respuesta de Reacción.

Los resultados de este trabajo nos confirmarían haber ideado un sistema que cumple con las exigencias para el entrenamiento de una habilidad motriz abierta como el penalty en situaciones de campo. Cumple perfectamente con el objetivo pretendido al simular dicha situación, permitiendo así manipular o actuar sobre los factores de eficacia del lanzador. Es por ello portátil y versátil hacia otro tipo de habilidades deportivas en donde se pretenda manipular la aparición de estímulos visuales. A partir de la estructura del sistema se abre la posibilidad de una progresiva computerización hacia otras posibles claves de eficacia.

Disponibilidad y procesamiento de la información

La aplicación experimental del sistema automatizado ideado se ha centrado en el uso de la información visual disponible por parte del lanzador frente a la actuación del portero. La habilidad motriz planteada en el tratamiento se ajusta a las limitaciones temporales (Kuhn, 1988; McMorris y Colenso, 1996; Castillo et al, 2000) que posee el lanzamiento de penalty en situación real. Los lanzadores parecen adaptarse rápidamente a una disponibilidad de información en un intervalo entre 200-500 ms para percibir el estímulo, procesar la información y ejecutar la respuesta más adecuada.

Los resultados obtenidos corroboran, entre otros autores, las afirmaciones de McLeod (1987) y McLeod y Jenkins (1991) cuando habla de la barrera de 200 ms como el tiempo de latencia visual por encima de la cual pueden realizarse correcciones basadas en la visión. La duración de la tarea de lanzamiento propuesta en el tratamiento es superior a ese límite de 200 ms, lo cual permitiría procesar la información visual o sensorial propioceptivo en la ejecución, además de obtener feedback intrínseco (Schmidt, 1988) tras la ejecución.

Parece quedar claro el valor de la práctica para la adaptabilidad a una habilidad motriz abierta como la planteada. Los resultados están de acuerdo con Oña (1994) cuando afirma que la práctica, el entrenamiento, o el aprendizaje, parece afectar no sólo a la mejora mecánica de la habilidad motora empleada sino también a los procesos cognitivos concomitantes.

Uso central y periférica de la información visual

El sistema automatizado ideado pretende compatibilizar el uso central y periférico de la información. Es un planteamiento que parte de un modelo de procesamiento de la información en paralelo, como alternativa a los modelos seriales clásicos, considerando así un modelo flexible de atención como

capacidad aprendida (La Berge, 1973; Schneider y Shiffrin, 1977). Los resultados confirman igualmente las palabras de Milner y Goodale (1995) para quienes el concepto de sistema visual ha evolucionado para convertirse en un apoyo a la respuesta comportamental no asignando un papel puramente perceptivo. La visión se convierte así en una habilidad aprendida susceptible de mejora en el entorno, en donde los lanzadores habrían aprendido a utilizar sus habilidades visuales al requerimiento central y periférico de la tarea.

La tendencia apuntada por Bayer (1986) sobre el uso de la visión periférica debía de ser referencia para el planteamiento. En todo aprendizaje técnico, en donde se pretende un dominio de un objeto, debe existir una progresiva descentración de la atracción que supone en nuestro caso el balón, posibilitando al principiante centrarse progresivamente en los estímulos generados en el entorno. La tarea se debía plantear, por tanto, hacia un uso periférico de la retina para controlar la posición del balón, facilitada por su posición estática en el punto de penalty, y la utilización de la fóvea central para atender a la actuación del portero. Hablamos, por tanto, de que haya existido la utilización de un sistema visual focal y un sistema visual ambiental, que pueden explicar la hipótesis de los dos sistemas visuales propuesta por Trevarthen (1968).

En consecuencia, la dualidad visión central-periférica creemos que ha tenido un protagonismo pleno en la actuación del lanzador. No inclinamos a pensar que pueda haber existido un predominio de visión central hacia los movimientos del portero. Esto podría ser confirmado utilizando técnicas de registro de movimiento de ojos como el sistema NAC o el ASL 4000SU de reflexión corneal (Williams et al, 1999) para obtener información sobre el orden de búsqueda visual y localización de las fijaciones, lo que nos indicase la estrategia visual utilizada.

El propósito y las posibilidades iniciales de este trabajo no incluían este aspecto de la mirada pero, aunque existen trabajos (Nougier et al 1991; Posner y Raichle, 1994; Milner y Goodale, 1995) que sugieren la utilización de la visión periférica para procesar la información relacionada con movimientos más rápidamente que con visión foveal, estamos de acuerdo con Williams y Davids (1998) si pensamos que se trata de una situación 1 x 1 en donde el lanzador necesitaría información precisa e inmediata sobre la dirección y velocidad del movimiento del portero, pudiendo ésta suministrarla vagamente el sistema de visión periférica y, por tanto, obligando al uso de la visión foveal la mayor parte del tiempo.

En cualquier caso, si retomamos la opinión de Ripoll (1991), los resultados obtenidos nos sugieren alcanzados la utilización de una estrategia de análisis analítico en la mirada, en contra de una estrategia de análisis sintético. Es decir, que los lanzadores hayan sido capaces de adaptarse durante el tratamiento aplicado a mirar la posición del portero y del balón de forma integrada sin necesidad de fijar, en primer lugar, la posición y actuación del portero y, posteriormente, centrarse fovealmente en la ejecución técnica del golpeo.

Eficacia en goles

Hemos comprobado un aumento significativo en variable número de goles, quizá debido a las razones expuestas anteriormente referentes a la utilización de una estrategia visual sintética. El tratamiento de diez sesiones aplicado parece también resultar efectivo en su exigencia técnica.

Tanto en la situación real con portero como en la situación de tratamiento se han observado diferencias significativas que nos hacen pensar en la efectividad del planteamiento entre ambas tareas.

Todas estas investigaciones enfatizan la influencia del aprendizaje, desde una perspectiva cognitiva, de los factores denominados software (Starkes y Deakin, 1984). Además, este estudio subrayaría el progresivo desarrollo que están alcanzando planteamientos o perspectivas con mayor valor ecológico puesto que, como señalan Abernethy et al (1993), cuanto más cercanos sean los protocolos experimentales que replican una tarea natural o habitual mayor será la ventaja del experto sobre el inexperto o novato.

Eficacia táctica

El grupo de lanzadores se ha adaptado a la tarea de atención dual planteada respecto a la aleatoriedad que imponía el sistema automatizado en la tarea de tratamiento que, no olvidemos, intenta simular el espacio libre o más vulnerable y el momento de aparición que dejaría el portero en la situación real. Creemos por ello que ha existido una mejora no sólo técnica a lo largo del tratamiento sino táctica como también muestran los datos de las situaciones pre y post-tratamiento: La variable DNC ha aumentado significativamente.

Por lo tanto, si intentamos saber hasta qué punto ha existido un cambio táctico en el estilo de lanzamiento del penalty, podríamos afirmar que ha existido dicho cambio, por cuanto que la variable DNC ha aumentado también

significativamente en su relación con el número de goles conseguidos (goles en DNC). Es decir, pensamos que los lanzadores han tenido en cuenta la actuación del portero y, dependiendo de ésta, han ejecutado el lanzamiento. Este hecho puede interpretarse como un cambio hacia un estilo de lanzamiento táctico, en contra de un estilo de lanzamiento estratégico, entendiendo éste cuando el lanzador decide premeditadamente la dirección del lanzamiento con indiferencia de la actuación del portero.

Pero, si pensamos que eran los mismos porteros de la situación pre-tratamiento los que se enfrentaban a los mismos lanzadores en la situación post-tratamiento, la variable DNC tiene otra valiosa interpretación. Esto es, los porteros experimentados identifican con más facilidad los preíndices de anticipación que ofrecen los lanzadores (Williams y Burwirtz, 1993; McMorris et al, 1995; McMorris y Colenso, 1996) y por ello deberían haber parado más penalties en la situación post-tratamiento. No ocurrió así y dicha variable aumentó significativamente, por lo que creemos que es superior la ventaja del lanzador si una tarea como el penalty en fútbol se plantea como una habilidad motriz abierta.

5. CONCLUSIONES

A la luz de los resultados obtenidos, y de acuerdo con la discusión expuesta, podemos extraer una serie de conclusiones:

- El sistema automatizado desarrollado constituye un instrumento eficaz y de fácil utilización durante los entrenamientos habituales de campo para cualquier equipo que programe en sus sesiones semanales un tiempo dedicado al entrenar la situación de penalty.
- El sistema automatizado ha resultado eficaz para simular el espacio libre o más vulnerable y el momento de aparición al que se enfrenta el lanzador en situación real.
- Se ha conseguido con éxito plantear el lanzamiento de penalty en fútbol como una habilidad motriz abierta, bajo condiciones de tiempo de reacción de elección, en función de la actuación del portero.
- La eficacia en el número de goles conseguidos mediante lanzamientos de penalty se ha incrementado significativamente en el grupo de expertos, debido fundamentalmente a la reducción en el tiempo de procesamiento de la información y de toma de decisiones.
- Se ha comprobado una modificación en el estilo de lanzamiento hacia uno táctico individual en el grupo de expertos como consecuencia del aumento

significativo en la dirección de los lanzamientos respecto a la actuación del portero.

En resumen, esta investigación pretendía mejorar la eficacia del comportamiento visual en situaciones de juego abiertas en el fútbol, intentando así crear protocolos experimentales cada vez más cercanos a la tarea natural o habitual a la que se enfrenta el deportista. Concretamente, podríamos avanzar aún más en la automatización del sistema y su simulación de situación real, estudiar la estrategia de búsqueda visual que utilizan los lanzadores de penalty en fútbol e incluso crear simulaciones experimentales controladas de presión ambiental, ansiedad, estrés o fatiga previa.

REFERENCIAS

- Abernethy, B. (1990). Anticipation in squash: Differences in advance cue utilisation between expert and novice players. *Journal of Sport Science*, 8, 17-34.
- Abernethy, B. (1991). Visual search strategies and decision-making in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 189-210.
- Abernethy, B.; Thomas, K.T. and Thomas, J.T. (1993). Strategies for improving understanding of motor expertise (or mistakes we have made and things we have learned !!). In J.L. Starkes y F. Allard (eds.): *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 317-356). Amsterdam: Elsevier.
- Allard, F. y Starkes, J.L. (1980). Perception in sport: Volleyball. *Journal of Sport Psychology*, 2, 22-33.
- Arellano, R. y Oña, A. (1987). Efecto diferencial de la intervención sobre expectativas atencionales en la salida de natación. *Motricidad*, 0, 9-15.
- Bard, C. y Fleury, M. (1981). Considering eye movement as a predictor of attainment. In I.M. Cockerill y W.W. MacGillvary (Eds.): *Vision in sport* (pp. 28-41). Cheltenham, England: Stanley Thornes.
- Bayer, C. (1986). *La enseñanza de los juegos deportivos colectivos*. Barcelona: Hispano Europea.
- Cárdenas, D. (1995). *Desarrollo y aplicación de un sistema automatizado para la mejora de las variables comportamentales del pase en baloncesto*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Castillo, J.M.; Raya, A.; Oña, A. y Martínez, M.A. (2000). La táctica individual en el penalty (I). *Training Fútbol*, 50, 8-15.
- Cutting, J.E. (1986). *Perception With an Eye For Motion*. Cambridge MA.: MIT Press.
- Farrow, D.; Chivers, P.; Hardingham, C. y Sachse, S. (1998). The effect of video-based perceptual training on the tennis return of serve. *International Journal of Sport Psychology*, 29, 231-242.
- FIFA (1998). (Fédération Internationale de Football Association). *Amendments of the Laws*. Zurich: FIFA.

- Fradua,L.; Raya,A.; Pino,J. y Arteaga,M. (1994). Improving the goalkeeper's performance in penalty situations. *Science and Football*, 8, 25-27.
- Goulet,C.; Bard,C. y Fleury,M. (1989). Expertise differences in preparing to return a tennis serve: A visual information processing approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11, 382-398.
- Helsen,W. y Pauwels,J.M. (1993). The relationship between expertise and visual information processing in sport. En J.L. Starkes y F. Allard (eds.): *Cognitive issues in motor expertise* (pp. 109-134). New York: North-Holland.
- Hubel,D.H. (1988). *Eye, Brain and Vision*. New York: W. H. Freeman.
- Hughes,C. (1994). *The Winning Formula*. London: Williams Collins.
- Isaacs,L.D. y Finch,A.E. (1983). Anticipatory timing of beginning and intermediate tennis players. *Perceptual and Motor Skills*, 57, 451-454.
- Johanson,R.S. y Westling,G. (1984). Roles of glagours skin receptors and sesonriomotor memory in automatic control of precision grip when lifting rougher or mores slippery objects. *Experimental Brain Research*, 56, 560-564.
- Kreighbaum,E. y Barthler,K.M. (1981). *Biomechanics. A qualitative approach for studying human movement* (pp. 377-411). Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Company.
- Kuhn,W. (1988). Penalty-kick satrategies for shooters and goalkeepers. In T. Reilly, A. Lees,K. Davids y W.J. Murphy (Eds.) et al: *Science and Football I* (pp. 489-492). London: E y FN Spon.
- LaBerge,D. (1973). Identification of two components of the time to switch attention: A test of a serial and a parallel model of attention. In S. Kornblum (Ed.): *Attention and performance IV* (pp. 71-85). New York: Academic Press.
- Magill,R.A. (1989). *Motor learning: Concepts and applications*. Dubuque, Iowa: Brown.
- Martínez,M.A. (1994). Incidencia del control motor de la información a través de un sistema automatizado sobre los parámetros de la respuesta de reacción. Aplicación a las salidas deportivas de velocidad. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- McLeod,P. y Jenkins,S. (1991). Timing accuracy and decision time in high-speed ball games. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 279-295.
- McLeod,P. (1987). Visual reaction and high-speed ball games. *Perception*, 16, 49-59.
- McMorris,T. y Beazeley,A. (1997). Performance of experienced and inexperienced soccer players on soccer specific tests of recall, visual search and decision-making. *Journal of Human Movement Studies*, 33, 1-13.
- McMorris,T. y Colenso,S. (1996). Anticipation of professional soccer goalkeepers when facing-right and left-footed penalty kicks. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 931-934.

- McMorris,T.; Coperman,D.; Saunders,G. y Potter,S. (1993). Anticipation of soccer goalkeepers facing penalty kicks. In T. Reilly,J. Clarys y A. Stibbe (Eds.): Science and Football II (pp. 250-254). London: E y FN Spon.
- McMorris,T.; Hauxwell,B. y Holder,T. (1995). Anticipation of soccer goalkeepers when facing penalty kicks to the right and left of the goal using different kicking techniques. Applied research in coaching and athletics annual, 11, 32-43.
- Miller,R. (1996). Shooter vs keeper: a tense battle. Games are own or lost by penalty kicks and PK tiebreakers. Soccer Journal, 7, 59-62.
- Milner,A.D. y Goodale,M.A. (1995). The Visual Brain In Action. Oxford: Oxford University Press.
- Moreno,F.J. (1996). Desarrollo de un sistema automatizado para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Nougier,V.; Stein,J.F. y Bonnel,A.M. (1991). Information processing in sport and orienting of attention. International Journal of Sport Psychology, 22, 307-327.
- Oña,A. (1990). Effects of different attentional strategies and practice on motor efficiency. Perceptual and Motor Skills, 71, 35-43.
- Oña,A. (1994). Comportamiento motor. Bases psicológicas del movimiento humano. Granada: Universidad de Granada.
- Oña,A.; Martín,N.; Padial,P. y Serra,E. (1990). Description and application of an automatic system for temporal analysis of Motor Behavior. International Congress on Youth, Leisure and Physical Activity. Bruselas.
- Oña,A.; Martínez,M.; Moreno,F.; Serra,E. y Arellano,R. (1994). Descripción de un sistema computerizado de registro y control de información temporal aplicado al deporte. Archivos de Medicina del Deporte, 11, 163-171.
- Párraga,J.A. (1999). Efectos de la variación del tiempo de aparición de estímulos visuales sobre la precisión y los parámetros biomecánicos en el lanzamiento en balonmano. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Payne,V.G. y Isaacs,L.D. (1987). Human motor development: a lifespan approach. Mountain View, CA: Mayfield.
- Posner,M.I. y Raichle,M.E. (1994) (Eds.). Images of Mind. New York: Scientific American Library.
- Poulton,E.C. (1957). On prediction in skilled movement. Psychological Bulletin, 54, 467-478.
- Ripoll,H. (1991). The understanding-acting process in sport: The relationship between the semantic and the sensoriomotor visual function. International Journal of Sport Psychology, 22, 221-243.
- Schmidt,R.A. (1988). Motor Control and Learning. Illinois. Human Kinetics.
- Schneider,W. y Shiffrin,R.M. (1977). Controlled and automatic human information processing: II perceptual learning, automatic, attending and a general theory. Psychological Review, 84, 127-189.
- Starkes,J.L. y Deakin,J. (1984). Perception in Sport: a cognitive approach to skilled performance. In W.F. Straub y J.M. Williams (Eds.): Cognitive

- Sport Psychology (pp. 115-128). Lansing, NY: Sport Science Associates.
- Trevarthen, C.B. (1968). Two mechanisms of vision in primates. *Psychological Review*, 76, 282-299.
- Tyldesley, D.A.; Bootsma, R.J. y Bomhoff, G.T. (1982). Skill level and eye movement patterns in a sport oriented reaction time task. In H. Rieder, H. Mechiling y K. Reischlen (Eds.): *Motor learning and movement behavior: Contribution to learning in sports* (pp. 290-296). Cologne, Germany: Hoffmann.
- Vickers, J.N. (1992). Gaze control in putting. *Perception*, 21, 117-132.
- Vickers, J.N.; Canic, M.; Abbott, S. y Livingston, L. (1988). Eye movements of elite ice hockey players. *Proceedings of Canadian Society for Psychomotor Learning and Sport Psychology Conference*. Collingwood, Canada.
- Whiting, H.T.A. (1991). Action is not reaction!. A reply to McLeod and Jenkins. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 296-303.
- Wickens, C.D. (1992). *Engineering Psychology and Human Performance* (2ª edición). Illinois: Harper Collins.
- Williams, A.M. y Burwitz, L. (1993). Advance cue utilization in soccer. In T. Reilly, J. Clarys y A. Stibbe (Eds.): *Science and Football II* (pp. 239-243). London: E y FN Spon.
- Williams, A.M. y Davids, K. (1995). Declarative knowledge in sport: A by product of experience or a characteristic of expertise?. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(3), 259-275.
- Williams, A.M. y Davids, K. (1998). Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69, 111-129.
- Williams, A.M.; Davids, K. y Burwitz, L. (1994). Ecological validity and visual search research in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 16, 22.
- Williams, A.M.; Davids, K.; Burwitz, L. y Williams, J.G. (1992). Perception and action in sport. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 147-204.
- Williams, A.M.; Davids, K.; Burwitz, L. y Williams, J.G. (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. *Perceptual and motor skills*, 76, 579-593.
- Williams, A.M.; Davids, K.; Burwitz, L. y Williams, J.G. (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 127-135.
- Williams, A.M.; Davids, L. y Williams, J.G. (1999). *Visual perception and action in sport*. London: E y FN Spon.
- Williams, A.M.; Singer, R.N. y Weigelt, C. (1998). Visual search strategy in "live" on-court situations in tennis: an exploratory study. In A. Lees y I.W. Maynard (Eds.): *Science and Rackets* (vol. II). London: E y FN Spon.