

DESARROLLO DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO PARA EL REGISTRO DEL COMPORTAMIENTO DE JUGADORES DE TENIS Y TENIS EN SILLA DE RUEDAS EN SITUACIONES DE RESPUESTA DE REACCIÓN

Moreno, F.J; Reina, R; Luis, V; Damas, J.S. y Sabido, R.
Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura

RESUMEN

El presente trabajo describe un sistema tecnológico desarrollado para el registro del comportamiento de tenistas y tenistas en silla de ruedas en una situación de resto ante el servicio, aplicable tanto en situación de juego (3 dimensiones), como de laboratorio a través de una proyección multimedia (2 dimensiones).

El estudio conjunto de los componentes perceptivos y motrices, encaminado a maximizar la validez ecológica de los protocolos experimentales desarrollados, nos permite abordar el estudio de los comportamientos manifestados por distintos grupos de población. Conseguimos, de esta manera, minimizar los efectos potencialmente negativos que las condiciones artificiales de las situaciones en laboratorio puedan tener sobre los sujetos experimentales, mediante el diseño de una situación con un alto componente ecológico y perfectamente aplicable en ambas situaciones (2D y 3D). Los resultados de estudios llevados a cabo en ambas situaciones nos permitirán conocer la viabilidad del desarrollo de sistemas y protocolos de entrenamiento perceptivo en laboratorio, con el fin último de mejorar los procesos de aprendizaje y rendimiento deportivos en situación de juego.

PALABRAS CLAVE: Simulación deportiva, tenis en silla de ruedas, tenis, resto al servicio

ABSTRACT

This paper describes a technological system developed to register the behavior of tennis and wheelchair tennis players in a return to service situation. This system is applicable as much in game situation (3 dimensions) as in laboratory, through a multimedia projection (2 dimensions).

The study of the perceptive and motor components, to maximize the ecological validity of the experimental protocols, allows us to study the behaviors of different groups. This way, we get to minimize the potentially negative effects that artificial conditions of laboratory situations can have on experimental subjects. For instance, we have designed an ecological experimental situation applicable in both situations (2D and 3D). The results from studies carried out in both situations will allow us to know the viability for develop systems and protocols of perceptive training in laboratory situations. Finally, we'll be able to improve the learning processes and sport performance in game situation.

KEY WORDS: Sport simulation, wheelchair tennis, tennis, return to service

1. INTRODUCCIÓN

El empleo de sistemas automatizados para el control y registro de comportamientos en situaciones deportivas permite reducir las fuentes de error en las medidas, requisito imprescindible de la metodología experimental (Moreno, Oña, Martínez & García, 1998). Se han desarrollado sistemas que pretenden reducir al máximo las potenciales fuentes de error en el registro de la realidad que estudian, integrando los sistemas de control de la información (inputs) y registro del comportamiento motor manifestado (outputs). De esta manera, podemos abordar con mayores garantías el estudio de los procesos comportamentales realizados por los deportistas.

Son varios los precedentes en los que se han desarrollado y aplicado sistemas computerizados, para el estudio y optimización de los comportamientos manifestados por deportistas en situaciones de juego. Esos sistemas informáticos permiten el control de la información que se aporta en las situaciones experimentales para las que han sido diseñados. Han sido aplicados para el estudio de los procesos de administración de feedback de la acción realizada en procesos de aprendizaje de la técnica deportiva (Ávila, 2002), así como para la mejora del rendimiento deportivo. En este sentido, algunos ejemplos los encontramos en trabajos desarrollados para optimizar las salidas, en deportes como la natación (Arellano, Oña, Martínez & Moreno, 1994) o el atletismo (Oña, Martínez, Moreno, Serra & Arellano, 1993). Los beneficios de estos sistemas se aplicaron posteriormente a otras modalidades deportivas, en las que se requieren una serie de habilidades motrices abiertas, es decir, aquellas en las que el deportista debe actuar de acuerdo a las acciones del oponente o del entorno en el que se encuentra (Magill, 1993). Así pues, estos sistemas se han orientado al control de los procesos de aprendizaje de acciones deportivas, mediante el empleo de estímulos más complejos y cercanos a las situaciones reales de juego (García, Oña, Moreno & Martínez, 1993). Algunas de estas aplicaciones se han desarrollado en situaciones deportivas como el pase en baloncesto (Cárdenas, 1995), el resto en tenis (Moreno, 1997; Moreno, Oña & Martínez, 2002) o el lanzamiento de penalti en fútbol (Castillo, 2000).

Diversos investigadores han sugerido que el conocimiento de las áreas más pertinentes o informativas de la escena que se visualiza son cruciales para un rendimiento exitoso (Bard & Fleury, 1981; Ripoll, 1988), requiriendo tanto de habilidad en la percepción como de una ejecución precisa del movimiento (Abernethy, 1987, Bakker, Withing & Van der Brug, 1990; Williams, Davids, Burwitz &

Williams, 1992, 1994; Williams & Davids, 1998). Por el contrario, otros han argumentado que no es la localización de la atención lo importante, pero sí la habilidad para establecer relaciones significativas entre la información extraída y el posterior comportamiento (Abernethy, 1990a, 1990b; Abernethy & Russell, 1987; Goulet, Bard & Fleury, 1989). En este sentido, Abernethy (1990a) apunta que el factor limitante en el rendimiento perceptivo de los principiantes parece no ser tan tanto el acceso visual a la información oportuna, sino más bien la capacidad de extraer y utilizar la información disponible en lugares clave.

Han sido varios los estudios que han abordado el estudio de las estrategias visuales en situaciones de laboratorio con imágenes estáticas en deportes como baloncesto (Bard & Fleury, 1976) o fútbol -lanzamiento de penalti- (Tyldesley, Bootsma & Bomhoff, 1982). Posteriormente se fueron desarrollando estudios que empleaban la proyección de imágenes dinámicas en jueces de gimnasia (Bard, Fleury, Carriere & Halle, 1980; Moreno, Reina, Luis & Sabido, 2002), toma de decisiones tácticas en fútbol (Helsen & Pauwels, 1992, 1993; Williams, Davids, Burwitz & Williams, 1993, 1994), porteros de fútbol (Savelsbergh, Williams, Van der Kamp & Ward, 2002), entrenadores de natación (Sabido, Ruiz, Tena, Reina, Luis, Saavedra, Ávila & Moreno, 2002), tenis de mesa (Ripoll, 1989), tenis (Goulet et al., 1989), tenis en silla de ruedas (Moreno, Reina, Sanz & Ávila, 2002) o baloncesto (Al-Abood, Bennet, Moreno, Ashford & Davids, 2002), entre otros. Así pues, podemos encontrar situaciones de simulación con imágenes en movimiento mediante el empleo de magnetoscopios (Christina, Barresi & Shaffner, 1990) o de simulación a través de computadores (Dillon, Crassini & Abernethy, 1989; Alain & Serrazin, 1990; Cárdenas, 1995; Moreno, 1997; Pollick, Fidopiastis & Braden, 2001).

La mayoría de estos trabajos han estudiado el proceso perceptivo bajo el paradigma de comparar sujetos expertos y noveles de una determinada modalidad deportiva. Pero las tareas o situaciones experimentales ideadas para ser desarrolladas en laboratorio puede alterar las potenciales ventajas que pueden tener los sujetos expertos en la medida que: a) se elimina de la tarea las bases experimentales de su ventaja al sacarles de su contexto habitual de desempeño, b) se introducen efectos potenciales del suelo y del techo en las medidas, y c) se puede provocar que los expertos actúen de forma distinta a como lo harían en situación real de juego, denegándoles el acceso a la información deseada al inducirles a que lo hagan de una forma distinta a cómo lo hacen normalmente, o incitándoles a que usen información diferente para resolver un problema particular (Abernethy, Thomas & Thomas, 1993).

Cada vez hay más argumentos para incrementar la validez ecológica de los experimentos, ya que a medida que los protocolos experimentales se asemejen más a la tarea o situación de juego real, la ventaja de los deportistas expertos respecto a los noveles sería mayor. En el caso de situaciones artificiales de laboratorio, con un bajo componente ecológico, los deportistas no se encuentran en una situación similar a la que desempeñan su actividad deportiva normalmente. De esta manera, deportistas con diferentes grados de maestría se encontrarían en un contexto estimular similar, pero desconocido para ambos, por lo que las diferencias en su comportamiento podrían no manifestarse claramente. Además, podríamos discriminar mejor entre un comportamiento experto y novel mediante la introducción de una respuesta motriz en la situación perceptiva a la que son sometidos, aumentando, de esta manera, la compatibilidad estímulo-respuesta. Esa compatibilidad reflejaría la mayor habilidad de los expertos, resultando en un más rápido acceso y recuperación de la memoria de la información específica de la tarea, al asemejarse la situación de estudio a la de juego real (Williams, Davids & Williams, 1999).

Estos factores han provocado, gracias al desarrollo de nuevos elementos tecnológicos que lo permiten, el estudio de los procesos perceptivos en situaciones lo más similares al juego real, es decir, en situaciones de campo. Algunos de los trabajos realizados en este sentido han sido en porteros de hockey (Bard & Fleury, 1981), profesores de tenis (Petrakis, 1986; Ávila, 2002), golf (Vickers, 1982), tiro libre en baloncesto (Vickers, 1996), porteros de balonmano (Moreno, García, Ávila, Aniz & Reina, 2000), árbitros de baloncesto (Moreno, Ruiz, Damas, Ávila, Reina & Luis, 2001), retorno al servicio en voleibol (Vickers & Adolphe, 1997) o tenis (Singer, Williams, Frehlich, Janelle, Radlo, Barba & Bouchard, 1998; Williams, Singer & Weigelt, 1998; Farrow & Abernethy, 2002) y en tenis en silla de ruedas (Reina, Moreno, Sanz, Luis & Sabido, 2002).

Teorías recientes en psicología ecológica sugieren que la percepción y la acción deberían ser vistas como mutuamente interdependientes (Mestre & Pailhous, 1991; McMorris & Beazeley, 1997), como un proceso cíclico en el que lo percibido está estrechamente limitado por las acciones previas, lo que a su vez está afectado por la percepción. Parece ser que los procesos perceptivos, cuando no está implicado el componente de la acción, no son los mismos, por lo que aunque las áreas de procesamiento de la imagen sean las mismas, las conexiones interneuronales que se producen son diferentes a las que se desarrollan con el componente de la acción (Zeki, 1992). Chamberlain y Coelho (1993) apuntan que el estudio por separado de los

componentes perceptivo y de acción podría crear una situación artificial que no reflejaría con precisión una medida fiable de la experiencia de esos sujetos en su contexto deportivo. De ahí la necesidad de realizar experimentos en campo y en laboratorio para observar similitudes y diferencias entre ambas situaciones (Williams, Davids & Williams, 1999), uno de los principales motivos que ha llevado a desarrollar el presente sistema tecnológico para la simulación de la situación de resto ante el servicio. Otro de los motivos que nos ha llevado al desarrollo de este sistema reside en el deseo de comparar el comportamiento de tenistas y tenistas en silla de ruedas, visualizando servicios tanto ante oponentes en posición bípeda como sentados en la silla. La información que podamos extraer de la realización de este tipo de trabajos puede ser de gran utilidad, a la hora de valorar la idoneidad de disponer de una silla de ruedas por parte de los técnicos durante los procesos de entrenamiento con jugadores de nivel de tenis en silla de ruedas.

Recordemos que el deportista no debe sólo codificar y recuperar información con precisión, sino que debe actuar en contextos de juego bajo presión, circunstancias que pretendemos reproducir con las situaciones experimentales para las que hemos diseñado el presente sistema tecnológico. En dichas situaciones los jugadores que se encuentran visualizando el jugador al servicio deben responder adecuadamente, y de la forma más rápida posible, en función de la zona del cuadro de servicio a la que vaya dirigido: cruz (zona del cuadro de servicio de intersección con el cuadro derecho de servicio y la línea divisoria) o esquina (zona del cuadro de servicio de intersección con la línea de individual lateral izquierda del campo de juego). Sometemos, de esta manera, al sujeto a una situación de *tiempo de reacción de elección*, en la que se asocia una respuesta a cada una de esas posibilidades de servicio: golpear un objetivo a su derecha si el servicio va dirigido a la cruz del cuadro de saque (simulando un golpeo de derechas), o golpear a la izquierda si el servicio va dirigido a la esquina del cuadro de saque (simulando un golpeo de revés). Ya que el principal área de estudio que abarcamos es el de la percepción visual, debemos distinguir dentro del tiempo de reacción visual entre dos elementos que componen ese *Tiempo de Reacción (TR)*: el *tiempo de sensación*, que es la entrada de energía o información sensorial que viaja hasta el cerebro, y el *tiempo de decisión*, que es el impulso motor que viaja del cerebro al músculo (Harbin, Durst & Harbin, 1989). El tiempo de reacción es directamente proporcional a la cantidad de “incertidumbre” o información presente en la escena (Hick, 1952; Hyman, 1953). En la situación experimental ideada, tanto en campo como en laboratorio, se les solicita a los sujetos que respondan de la forma más rápida y precisa que puedan ante la situación que visualizan, por lo que el inicio de ese TR

presumiblemente represente la velocidad de la decisión adoptada (McMorris & Beazeley, 1997; Schweizer, 1998). Por su parte, Oña (1994) distingue a su vez el *Tiempo de Movimiento (TM)*, considerándolo como el desenlace motor de la tarea hasta la finalización de la respuesta motriz seleccionada. La suma del tiempo de reacción y del tiempo de movimiento constituye lo que se conoce como *Respuesta de Reacción (RR)*.

Para la evaluación del proceso de búsqueda visual que los sujetos elaboran en esta situación asumimos la *localización* de las fijaciones como elemento que refleja los importantes índices usados para esa toma de decisiones, mientras que el *número* y la *duración* de esas fijaciones suponen un reflejo de las demandas de procesamiento de información que esos índices (localizaciones) tienen para el ejecutante. Las características de la localización de las fijaciones y su duración son indicativas de la estrategia perceptiva usada por el ejecutante para extraer información relevante del entorno (Abernethy, 1985; en Williams et al., 1999). Las fijaciones visuales permiten al sujeto estabilizar un área informativa de la escena, permitiéndole un procesamiento más detallado de lo que ocurre.

Así pues, pasamos a describir el sistema tecnológico desarrollado, que nos permite estudiar de forma conjunta los procesos perceptivos y de acción ante el resto al servicio en tenis, mediante la simulación de dicha acción táctica en situación real de juego (en pista) y en laboratorio (mediante proyección multimedia). A su vez, el sistema permite estudiar los procesos de percepción-acción elaborados por tenistas y tenistas en silla de ruedas, proponiendo una tarea adaptada a ambas poblaciones de estudio. Se exponen también algunos de los resultados de sendos estudios llevados a cabo en situaciones de pista y de laboratorio, con tenistas y tenistas en silla de ruedas.

2. DESARROLLO DEL SISTEMA TECNOLÓGICO

Instrumental para el registro del comportamiento visual

Para el registro del comportamiento visual de los tenistas en cualquiera de las situaciones a la que sea sometido, empleamos el Sistema de Seguimiento de la Mirada ASL SE5000 (Applied Sciences Laboratories). Se trata de un sistema de video monocular que trabaja detectando la pupila y la reflexión corneal, permitiéndonos analizar datos acerca de la localización de las fijaciones, duración y su orden. El sistema incorpora dos cámaras de video en una estructura que se coloca y ajusta en la

cabeza del sujeto. Una de las cámaras, de infrarrojos, filma al ojo en todo momento, de manera que nos permite recoger el diámetro de la pupila y el punto de mayor brillo en el ojo, la reflexión corneal. Otra cámara recoge la imagen de la escena que el sujeto visualiza, reflejada sobre un cristal polarizado que también compone esta estructura. La integración del diámetro de la pupila con la reflexión corneal mediante un software específico, nos permite obtener una cruceta que representa el punto de fijación en tiempo real sobre la imagen de la escena recogida por la otra cámara. Esa imagen final sobre la que se desplaza el punto de fijación por el campo visual del sujeto es grabada mediante un magnetoscopio digital DVCAM (Sony DSR-30P).

Sistema para el registro de la Respuesta de Reacción y la precisión de la respuesta al servicio

Este subsistema en concreto se ha desarrollado a partir de un sistema de simulación para el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas, también aplicado al deporte del tenis (Moreno, 1997; Moreno et al., 1998). Se han modificado y optimizado algunos de sus elementos estructurales, con el fin de que el sistema sea fácilmente aplicable en situaciones de campo y de laboratorio. En nuestro caso, el jugador debe golpear uno de los dos dispositivos que tiene a su derecha e izquierda respectivamente, en función del área del cuadro del servicio al cual vaya dirigida la bola (dispositivo de la derecha si va a la cruz y el de la izquierda si va a la esquina). Esos dispositivos se componen de dos estructuras metálicas tubulares unidas por dos sistemas de muelle interiores. Esos sistemas de muelle permiten que el dispositivo se deforme en la dirección del golpeo, de manera que no suponga esfuerzo alguno para el sujeto experimental y su acción siga el curso normal, tal y como sería en la situación de juego que simulamos. Esto permite a su vez absorber las fuerzas aplicadas por el sujeto sobre la estructura en el momento del golpeo. La superficie de golpeo del dispositivo está construida con una estructura circular de madera de 26 cms. de diámetro, a la que se ha añadido una esponja (tipo tatami) de 5 cms. de grosor. Esta superficie dispone de un sistema para regular su altura., adaptándola a la estatura y posición del deportista.

Los otros elementos estructurales son dos dispositivos metálicos que se anexas a tres trípodes Sony VCT-R620. Uno de ellos, colocado delante del sujeto, es sobre el que se sitúa una placa presensible con interruptores. El segundo de ellos, son dos varillas metálicas, situadas cada una de ellas a cada lado del sujeto, y que soportan sendas células fotoeléctricas que detectan las características del tipo de

movimiento realizado (Fig. 1).

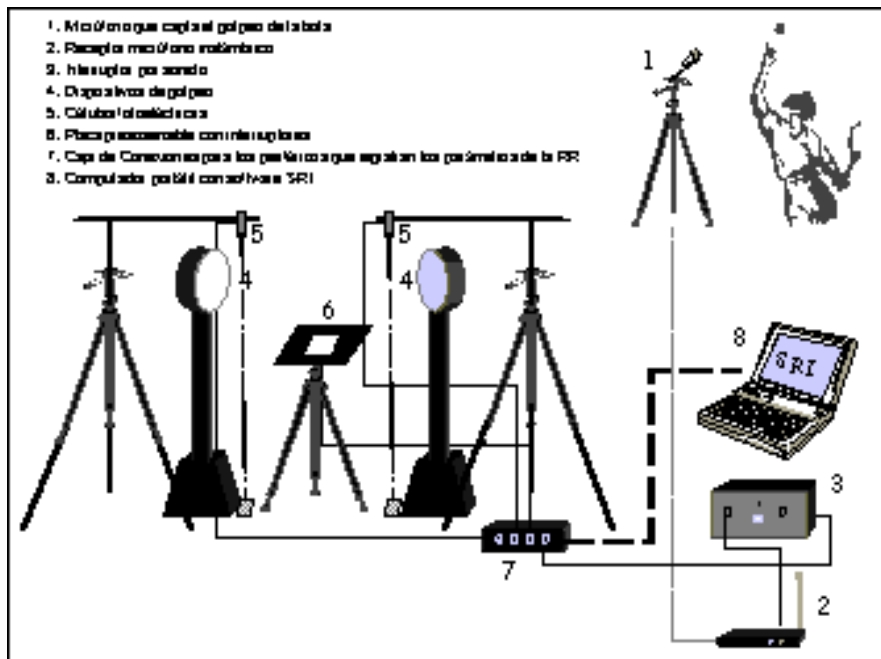


Figura 1. Componentes del sistema para el registro de los parámetros de la RR ante el servicio.

Vamos a describir el funcionamiento del sistema en función de los datos que registramos para el cálculo de los diferentes componentes de la Respuesta de Reacción (RR). Junto al jugador que ejecuta el servicio, en el lateral de la pista y a la altura de la línea de fondo, se sitúa un micrófono inalámbrico (Shure Brothers Inc. T3 Receiver con Petaca T11-ND), colocado sobre un trípode (Sony VCT-R620), y que registra el momento del golpe de la bola en el servicio. El receptor de la señal de ese micrófono está conectado a un sistema interruptor por sonido (Lafayette 63040*C), que a su vez está conectado a una caja de conexiones. La caja de conexiones dispone de cuatro conexiones de clavija Jack de 3'5 mm. para datos, así como de cuatro conexiones RCA (H) de suministro eléctrico. Esta caja de conexiones se alimenta mediante una batería de 9'5 V, conectada a un computador portátil (Toshiba Satellite 3100CDS) a través del puerto paralelo (centronics).

La segunda de las conexiones de la caja es para la placa presensible situada delante del jugador. Se ha elaborado un cableado específico que adapta la conexión de la placa (2 pins) a una clavija Jack 3'5 mm (M) para la caja de conexiones. La tercera y cuarta conexiones, así como las dos clavijas RCA de alimentación, son para cada una de las dos fotocélulas (Omrom E3S-AT11), situadas a cada uno de los lados del sujeto. El haz de luz de ambas fotocélulas pasa paralelamente a la superficie de golpeo de los dispositivos elaborados al efecto, situando los espejos reflectores sobre el suelo en una posición adecuada.

Las cuatro señales recogidas por la caja de conexiones son enviadas a un computador portátil (Toshiba Satellite 3100CDS), equipado con el software de registro SRI (Sistema de Registro e Información, Universidad de Granada). Este programa dispone de cuatro canales de señal A/D, que registran el momento temporal en el que cada uno de los dispositivos conectados recogen la señal abierto/cerrado. La integración de las señales de cada uno de estos elementos nos permite obtener cada uno de los parámetros que componen la Respuesta de Reacción:

- a) *Tiempo de Reacción (TR)*: es el lapso de tiempo que transcurre desde que se capta el golpeo de la pelota a través del micrófono inalámbrico hasta el momento en el que el sujeto levanta la mano de la placa presensible, que es cuando éste inicia el primer movimiento aparente para ejecutar su respuesta.
- b) *Tiempo de Movimiento (TM)*: es el tiempo transcurrido desde que se ha registrado la señal que indica que ha levantado la mano de la placa hasta que corta uno de los haces de luz de cualquiera de las dos fotocélulas, ya sea la de la izquierda o la derecha en función de la respuesta que haya emitido.
- c) *Respuesta de Reacción (RR)*: es la suma de los dos anteriores, es decir, desde que se capta el golpeo de la pelota hasta que se corta el haz de luz.

Los dos conjuntos de elementos anteriormente expuestos son comunes para las situaciones de campo (3 dimensiones) y de laboratorio (2 dimensiones), ya que es el instrumental que nos permite el registro de la conducta perceptiva y motriz del sujeto ante la situación que está visualizando.

El siguiente subsistema se ha desarrollado con la finalidad de conocer la variabilidad temporal (velocidad) y espacial (precisión) de los servicios ejecutados por los tenistas colaboradores durante los registros experimentales en la situación de campo. A su vez, este sistema se emplea con la misma finalidad durante los servicios

efectuados por los tenistas que son filmados con anterioridad al montaje de la película que será empleada en la situación de laboratorio.

Sistema audiovisual para el control de la precisión temporal y espacial de los servicios

Mediante este subsistema realizamos la integración de las señales emitidas por dos cámaras de video Hi8 (Sony CCD-TR840E PAL) y una señal de audio recogida de un micrófono inalámbrico (Shure Brothers Inc. T3 Receiver con Petaca T11-ND), mediante una mezcladora de video (Sony Digital SEG XV-D1000 PAL). La primera de esas cámaras, situada en un lateral a pie de pista a la altura de la red, filma la pantalla LCD de un velocímetro (Speedcheck Personal Sports Radar), cuyo radar se encuentra junto a la red, en la zona central del cuadro de saque al cual van dirigidos los servicios. La otra cámara, situada en altura, recoge la superficie del cuadro de saque al cual van dirigidos los servicios. Se colocan cuatro marcas que, a posteriori, servirán como referencias para la digitalización de los puntos donde bota la bola y, de esta manera, calcular parámetros de error referentes a la variabilidad en la precisión de los servicios efectuados por parte de los modelos.

La imagen integrada de las dos cámaras es enviada a un magnetoscopio VHS (Sony SLV-E50) a través de la mesa de mezcladora de video, así como la señal de audio de un micrófono inalámbrico (Shure Brothers Inc. T3 Receiver con Petaca T11-ND), que recoge la verbalización de los diferentes tiempos registrados mediante el programa SRI acerca de los parámetros de la RR. De esta manera, a la hora del análisis de la velocidad de los servicios y la digitalización de los botes de la pelota, se puede conocer de qué sujeto se trata en cada momento, así como recoger cualquier incidencia acerca del desarrollo del protocolo experimental.

La imagen final obtenida es posteriormente introducida en un computador, con una tarjeta capturadora de señal de video analógico (AverMedia TVPhone98), para proceder a la digitalización de los puntos donde ha botado la bola en cada servicio. Para ello se ha desarrollado una aplicación específica mediante Visual Basic 3.0. (Microsoft®). En primer lugar se digitalizan las coordenadas X e Y de las cuatro marcas colocadas sobre la pista, y sobre las que se hacen posteriormente cada uno de los cálculos deseados. A continuación se procede a digitalizar los puntos donde la pelota ha botado en cada servicio. Esa misma imagen nos proporciona la información referente a las velocidades registradas por el velocímetro en cada servicio. Se obtienen

datos de las coordenadas X e Y de cada uno de los puntos donde ha botado la bola, realizándose una serie de cálculos sobre los cuatro puntos de referencia para corregir la deformación de la imagen debido al ángulo de filmación de la cámara situada en altura. El resultado final puede verse en la Figura 2. Los parámetros del error que posteriormente son calculados matemáticamente son los siguientes:

- P Error Absoluto.** Es la media de los valores absolutos del error, por lo que nos da información acerca de la “cantidad” de error producido.
- P Error Constante.** Informa acerca de la “dirección” hacia la que se ha producido ese error en los dos ejes espaciales.
- P Error Variable.** Informa de la “dispersión” de los datos sobre el valor criterio, que puede ser el valor ideal (determinado por las coordenadas de las dos esquinas del cuadro de saque) o el valor medio (que serían las coordenadas que indican los valores de todos los servicios realizados a la cruz y a la esquina respectivamente).

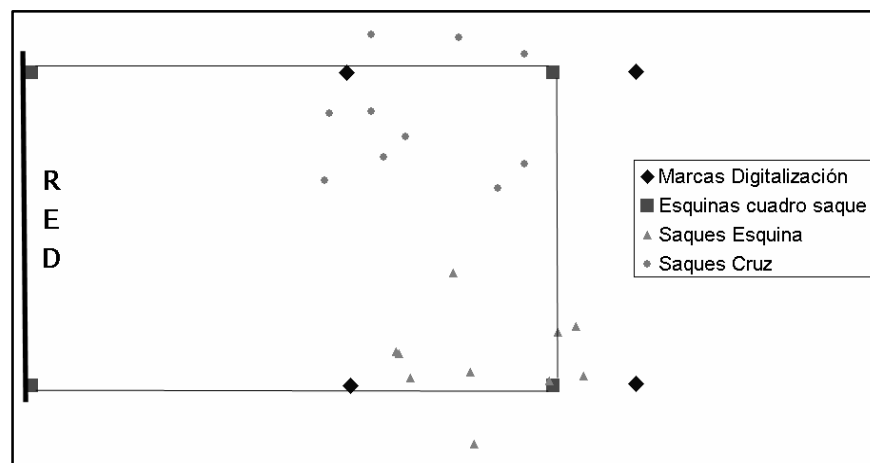


Figura 2. Ejemplo de digitalización de una serie de 24 servicios efectuada a un sujeto experimental

La ubicación de cada uno de los elementos que componen los tres subsistemas expuestos con anterioridad en la pista se pueden ver en la Figura 3.

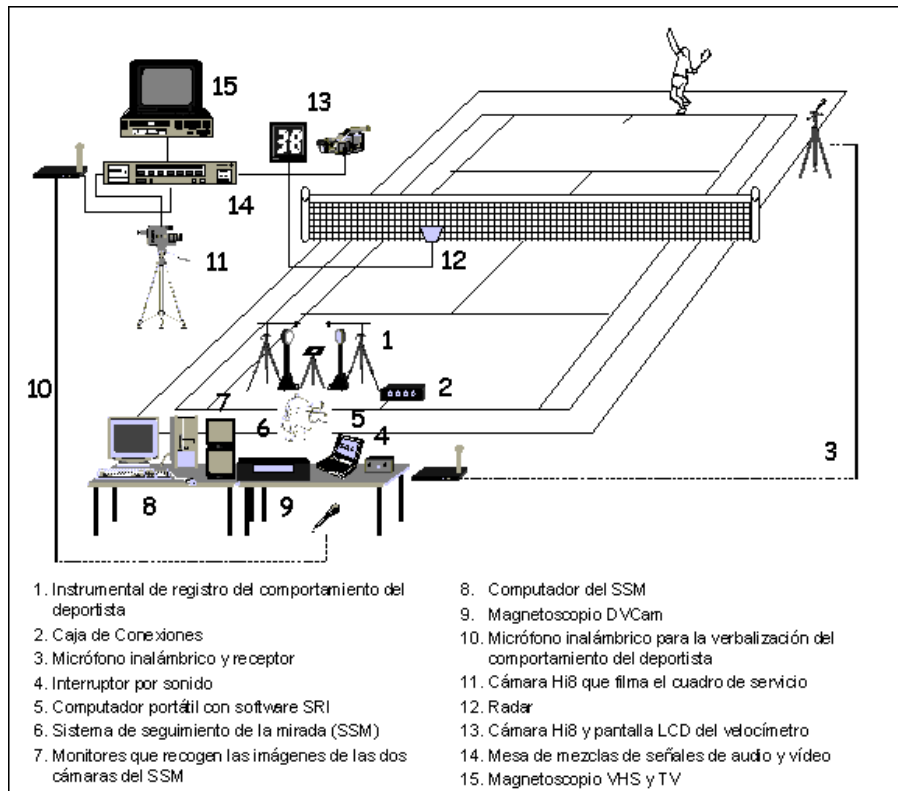


Figura 3. Distribución del instrumental en la situación experimental en pista.

Sistema audiovisual para la simulación de la situación de servicio en tenis en laboratorio

Esta última parte del sistema es con la que se lleva a cabo la simulación audiovisual del servicio en laboratorio, optimizada gracias a nuevos elementos tecnológicos a los empleados por Moreno et al. (1998). Previamente a la descripción de este sistema audiovisual hemos de comentar aquellos elementos empleados para la recogida de las imágenes y su posterior montaje.

Empleamos una cámara de vídeo MiniDV (Sony DCR-TRV20E) para la filmación de los modelos, situada sobre un trípode (Sony VCT-R630RM). La perpendicular de la lente de la cámara con el suelo se sitúa a 8.30 mts. de la línea de saque y a 1.03 mts. de la marca central de la línea de fondo. El centro de la lente lo situamos a 1.52 mts. respecto al suelo, a una altura cercana a la de los ojos de un tenista en posición bípeda. Una segunda cámara de vídeo DVcam (Sony DSR-200AP), situada sobre un trípode Manfrotto 136, se ubica en una posición similar a la anterior, pero a una altura del centro de la lente respecto al suelo de 1.17 mts., en este caso similar a la de los ojos de un tenista en silla de ruedas. Filmando con las dos cámaras simultáneamente disponemos de las mismas imágenes de los servicios efectuados para su posterior selección y edición. De esta manera, los sujetos experimentales tenistas y tenistas en silla de ruedas visualizan los mismos servicios. La captura de las secuencias deseadas se realiza mediante un computador (Procesador Intel Pentium III 500 Mhz) equipado con una tarjeta de captura de video analógico y digital (Pinnacle DV500). Una vez editadas las películas, éstas son exportadas a soporte digital DVcam, mediante el empleo del magnetoscopio digital DVcam (Sony DSR-30P), para su posterior reproducción.

Para la reproducción de las películas elaboradas se empleamos tres elementos fundamentales (Fig. 4):

a) Una pantalla de retroproyección con dimensiones de 5 x 3 metros, situada sobre una estructura de aluminio desmontable elaborada al efecto. Ésta nos permite, además de proyectar una imagen de gran tamaño, que los deportistas se acerquen tanto como deseemos a la misma sin provocar sombra sobre la superficie proyectada.

b) Un proyector multimedia (Hitachi CP-S310W). Se trata de un proyector de cristal líquido con matriz activa TFT de 480.000 píxeles (800 horizontal x 600 vertical), con una intensidad de luz de 1600 lumens, suficiente para no tener que oscurecer la sala completamente.

c) Un magnetoscopio DVcam (Sony DSR-200AP), que reproduce la película previamente editada a través del computador, con una definición de imagen óptima.

Otro instrumental empleado para esta simulación en laboratorio fueron: a) una pareja de altavoces (Primax PMPO 240W), conectados a la salida de audio del proyector multimedia, contribuyendo a que la situación se asemeje más a la realidad al incluir un sonido adecuado en la simulación; y b) un computador portátil (Toshiba

SatellitePro 4300), empleado para proyectar el panel de calibración del sistema de registro.

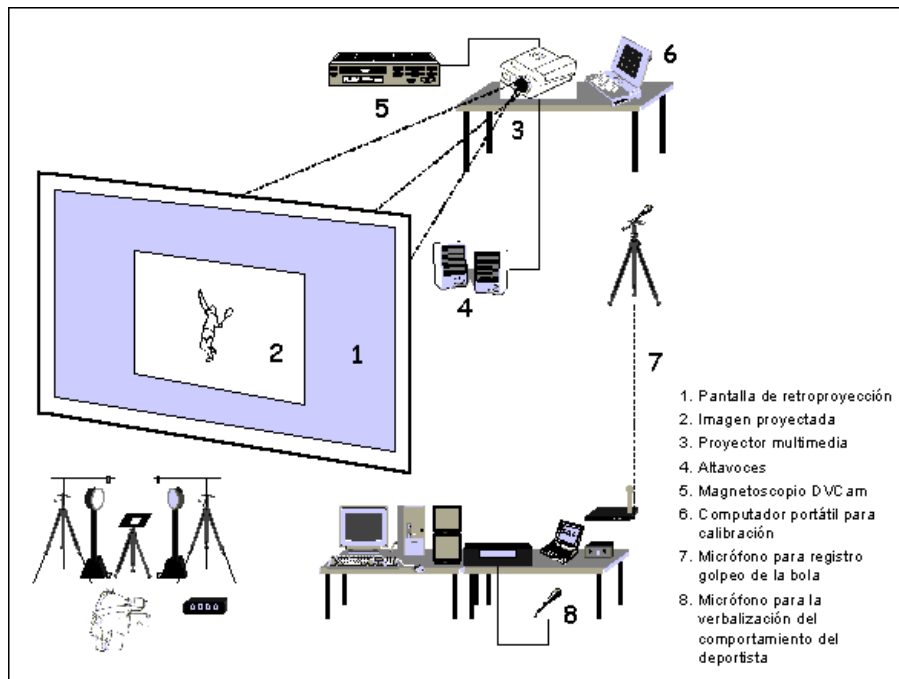


Figura 4. Distribución del instrumental en la situación experimental en laboratorio

3. RESULTADOS

Respecto a la información que podemos recoger acerca del comportamiento visual, la Figura 5 muestra los porcentajes de tiempo de fijación visual dedicados sobre diferentes localizaciones, manifestadas por un grupo de tenistas en silla de ruedas ($n=4$) en situación de pista ante oponentes en posición bípeda y en silla de ruedas. Podemos ver cómo la bola es la localización que más porcentaje de tiempo recibe ante ambos oponentes, seguida de la cabeza. No obstante, un análisis pormenorizado de los resultados mostró cómo, en primeras fases del servicio (previas al lanzamiento de la bola), los sujetos inician su proceso de búsqueda visual entorno a la cabeza y el brazo auxiliar para, una vez que la bola ha sido lanzada, hacer un seguimiento de su trayectoria, previo y posterior al lanzamiento. También se observa la escasa atención que prestan al miembro inferior de ambos oponentes.

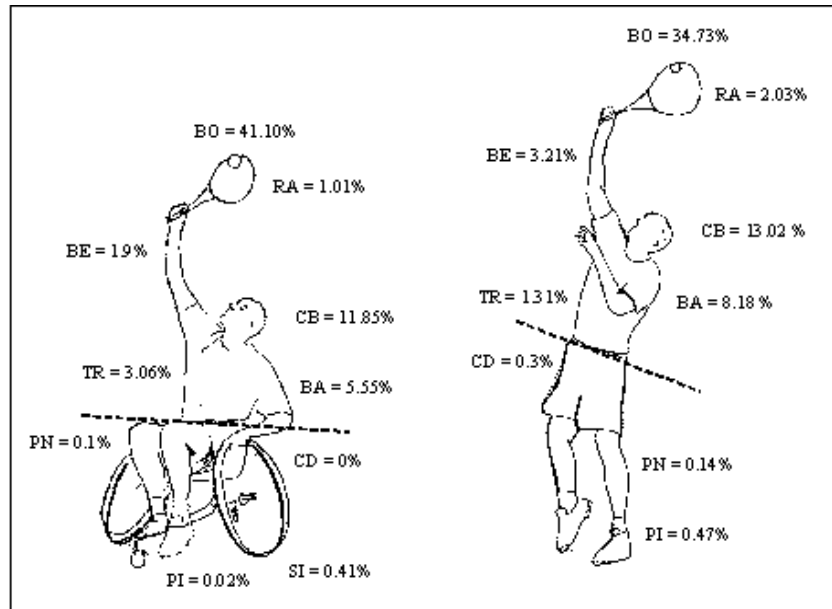


Figura 5. Porcentajes de tiempo de fijación por tenistas en silla de ruedas ante oponentes en posición bípeda y en silla.

Respecto al registro de la respuesta motriz, operativizada en los componentes que componen la Respuesta de Reacción de los sujetos, exponemos los resultados derivados del mismo estudio anterior en pista, y de otro estudio llevado a cabo en situación de laboratorio con tenistas. El trabajo llevado a cabo en pista con tenistas en silla de ruedas abordó el estudio de la influencia de la lateralidad de los oponentes sobre el comportamiento perceptivo y motriz de los sujetos estudiados. La Tabla 1 muestra los parámetros de la respuesta de reacción manifestados, en función de las variables posición del oponente y lateralidad. Respecto a la posición del oponente, puede observarse cómo los tiempos (ms.) en todos los parámetros son inferiores cuando responden ante oponentes de pie. Sin embargo, atendiendo a la lateralidad de los oponentes, los tiempos de T.R. y R.R. son superiores ante oponentes zurdos, excepto en el T.M., que es mayor ante los diestros. La precisión en las respuestas de este grupo de tenistas en silla de ruedas fue del 90.02% (DT=11.52%).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos (X y DT) de tiempo de reacción (T.R.), tiempo de movimiento (T.M.) y respuesta de reacción (R.R.) en función de la posición y lateralidad del oponente en el servicio

		Posición oponente			Lateralidad		
		Silla	Pie	Total	Diestro	Zurdo	Tot
T.R.	X	311.14	239.28	274.79	259.4	289.81	274
	DT	171.1	183.04	179.85	165.71	193.45	179
T.M.	X	265.67	249.6	257.54	268.69	246.65	257
	DT	103.05	126.2	114.94	122.09	107.82	114
R.R.	X	576.81	488.88	532.33	528.10	536.47	532
	DT	191.96	214.52	207.24	205.99	210.81	207

El sistema propuesto para el registro de los parámetros de respuesta ha sido adaptado a otras situaciones técnico-tácticas en tenis, como es el caso de la aproximación a red para ganar el punto con una volea ante un passing del oponente. El estudio ha sido llevado a cabo con tenistas experimentados (n=4) y noveles (n=4) de categoría cadete en situación de laboratorio. Se adaptó la placa presensibilizada de manera que, cuando el sujeto levantara la mano de la misma para responder, se interrumpía la señal de video de la proyección multimedia. Se considera como estímulo principal al fotograma en el que se produce el impacto con la bola por parte del jugador que realiza el passing, el Tiempo de Reacción finaliza en el momento en el que desaparece la imagen de la pantalla, mientras que el Tiempo de Movimiento concluye cuando el sujeto golpea uno de los dos dispositivos. La Tabla 2 muestra cómo los tiempos (ms.) son inferiores, en todos los parámetros, para el grupo de tenistas experimentados que el novel. No obstante, el porcentaje de eficacia o de respuesta correcta fue similar en ambos grupos (93% noveles y 95% grupo experimentado).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos (X y DT) de tiempo de reacción (T.R.), tiempo de movimiento (T.M.) y respuesta de reacción (R.R.) para el grupo experimentado y novel

		Experto	Novel	Total
T.R.	X	226.8	266.8	246.8
	DT	63.8	70.4	70
T.M.	X	125	152	136.6
	DT	56.4	60	59.4
R.R.	X	358.2	415.8	383.2
	DT	76.4	67.8	78

Finalmente, exponemos los resultados referentes al registro de la precisión espacial de los servicios efectuados en el estudio llevado a cabo en pista con tenistas en silla de ruedas. La valoración de los parámetros del error propuestos puede realizarse en función de dos series de valores: a) los valores de coordenadas de las dos esquinas del cuadro de saque ($X=640$, $Y=411.5$ cms. para la cruz; $X=640$, $Y=0$ cms. para la esquina), que serían los valores criterio ideales; y b) los valores medios obtenidos de los saques dirigidos a la cruz del cuadro de saque ($X=524.45$, $Y=375.41$ cms.) y a la esquina ($X=537.37$, $Y=38.47$ cms.), equivalentes al error constante. La Tabla 3 expone los valores (en cms.) obtenidos acerca de los distintos parámetros del error en función de los valores criterio propuestos.

Tabla 3. Valores (cms.) para los parámetros del error en la precisión de los servicios

	Valores criterio medios				Valores criterio idóneos			
	Cruz		Esquina		Cruz		Esquina	
	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y	Eje X	Eje Y
Error constante					115.5	36.04	102.63	38.47
Error absoluto	136.7	84.91	135.6	52.76	91.91	79.88	112.69	42.33
Error variable	88.91	55.79	84.6	37.74	69.27	51.41	60.56	32.32

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El sistema que hemos descrito parte de trabajos previos que han abordado el comportamiento de deportistas en situaciones experimentales que simulan la acción de juego (Moreno, 1997; Moreno et al., 1998). Mediante el empleo de nuevos elementos tecnológicos, hemos podido optimizar esos sistemas iniciales, aportando un mayor componente ecológico a nuestros protocolos, así como abordar otras variables como la variabilidad temporal y espacial de los servicios realizados. El sistema aquí descrito permite el estudio de la conducta perceptiva y motriz de tenistas y tenistas en silla de ruedas, tanto en situación real de juego como de laboratorio. La similitud de la tarea requerida en ambas situaciones nos permite llevar a cabo estudios donde una de las variables independientes a manipular sea la dimensionalidad de la escena que

se está visualizando, una de las tareas pendientes dentro de la literatura de la percepción visual, donde se precisa la realización de estudios que comparen los resultados encontrados en laboratorio con los obtenidos en situaciones de campo (Williams et al., 1999).

Al igual que otros estudios llevados a cabo en situación real de juego en tenis (Singer et al., 1998), tratamos determinar la relación entre los procesos de búsqueda visual, los patrones selectivos de atención y la influencia de esos procesos en las estrategias de toma de decisiones. Llevarlo a cabo en condiciones similares de laboratorio y de pista nos permitirá, entre otros propósitos, determinar la viabilidad de estos sistemas tecnológicos para la simulación de situaciones deportivas como método de entrenamiento perceptivo y para la toma de decisiones.

El desarrollo de los dispositivos que tratan de simular el gesto de resto de derechas (golpeo del dispositivo de la derecha) y de revés (golpeo del dispositivo de la izquierda), además de homogenizar las respuestas de los jugadores en silla de ruedas y de pie, nos permitirá abordar el estudio del paradigma expertos vs. noveles, ya que pueden ser adaptados fácilmente a las características de los dos grupos de población. Debemos tener en cuenta que las demandas de movimiento iniciales para alcanzar una posición y orientación adecuadas para ejecutar una respuesta correcta en una situación de juego con raqueta son, al menos, diferentes para los tenistas en silla de ruedas y en posición bípeda. Por otro lado, en el caso de los tenistas en silla de ruedas, la puesta en movimiento de la silla para la ejecución de una respuesta en juego real, incrementaría las probabilidades de movilidad del sistema de registro el comportamiento visual situado en la cabeza de los sujetos, incrementando considerablemente el error potencial del sistema.

En el caso de que se empleara una tarea donde los sujetos experimentales deban realizar el resto al servicio mediante el empleo de raqueta, se debería valorar la eficacia en la respuesta en términos de realización del resto con corrección, por lo

que las demandas de precisión por parte de los modelos para ejecutar los servicios deberían ser muy altas. Mientras que en el estudio de Singer et al. (1998), se efectuaron servicios hasta completar 10 correctos, aquí se realizan series de 24 servicios aleatorizados a la cruz y esquina del cuadro de saque. Además, el esperar hasta conseguir ese número de servicios precisos, puede variar el tiempo que el sujeto puede llevar el sistema de registro, con la consiguiente fatiga local que ello le puede generar.

Se han expuesto resultados de otros estudios que han aplicado este sistema, con pequeñas modificaciones o adaptaciones del mismo, en situación de laboratorio. Los resultados mostraron cómo los tenistas noveles tienen respuestas más lentas, pero más precisas, que tenistas experimentados de su misma categoría. Los resultados obtenidos de los estudios llevados a cabo en situación de pista con tenistas en silla de ruedas y de laboratorio con tenistas, nos han servido para validar los protocolos y procedimientos a emplear en futuros estudios que empleen este sistema automatizado de registro del comportamiento perceptivo y motriz. La aplicación de sistemas similares al que hemos desarrollado en este trabajo están siendo aplicados en la actualidad, dentro del seno del Laboratorio de Control y Aprendizaje Motor de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Extremadura, en otras situaciones y deportes como la recepción en voleibol.

Mediante el empleo de este sistema, podremos obtener información precisa acerca del comportamiento visual de los sujetos experimentales, así como de sus parámetros de eficacia y ejecución motriz. Ello nos permitirá establecer comparaciones entre los grupos analizados entorno a los procesos de toma de decisiones en la situación a la que han sido sometidos. Además, en caso de contrastar que el proceso de búsqueda visual no es considerablemente diferente en situaciones de laboratorio y campo, ello nos permitirá desarrollar programas de entrenamiento perceptivo en laboratorio para la mejora de la toma de decisiones y, en definitiva, optimizar los procesos de aprendizaje y rendimiento deportivos en situación real de juego.

5. REFERENCIAS

- Abernethy, B. (1987). Anticipation in Sport: A review. *Physical Education Review*, 10, 5-16.
- (1990a). Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19, 63-77.
- (1990b). Anticipation in squash: Differences in advances cue utilization between expert and novice players. *Journal of Sport Science*, 8, 17-34.
- Abernethy, B., Thomas, K.T., y Thomas, J.T. (1993). Strategies for improving understanding of motor expertise (or mistakes we have made and things we have learned!). En J.L. Starkes y F.Allard (Eds.). *Cognitive Issues in Motor Expertise*, Amsterdam: Elsevier Science.
- Al-Abood, S.A., Bennett, S.J., Moreno, F., Ashford, D., y Davids, K. (2002). Effect of verbal instructions and image size on visual search strategies in basketball free throw shooting. *Journal of Sports Sciences*, 20, 271-278.
- Alain, C., y Serrazin, C. (1990). Study of decision-making in squash competition: a computer simulation approach. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 15, 193-200.
- Arellano, R., Oña, A., Martínez, M., y Moreno, F.J. (1994). Device for quantitative measurement of starting in swimming. VII International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming. Atlanta.
- Ávila, F. (2002). *Las estrategias de búsqueda visual y la localización de la atención desarrolladas por los entrenadores de tenis durante un proceso de detección de errores de la ejecución: Aplicación al saque de tenis*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

- Bakker, F.C., Withing, H.T.A., y Van der Brug, H. (1990). *Sports Psychology: Concepts and Applications*. New York: John Wiley and Sons.
- Bard, C., y Fleury, M. (1976). Analysis of visual search activity during sport problem situations. *Journal of Human Movement Studies*, 3,214-222.
- (1981). Considering eye movement as a predictor of attainment. En I.M. Cockerill y W.W. MacGillvary (Eds.). *Vision and Sport*, Cheltenham: Stanley Thornes.
- Bard, C., Fleury, M., Carriere, L., y Halle, M. (1980). Analysis of gymnastics judges visual search. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 51, 267-273.
- Castillo, J.M. (2000). *Efecto de un entrenamiento visual mediante un sistema automatizado de emisión de estímulos sobre la eficacia del lanzador de penalti en fútbol*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- 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.
- Chamberlain, C. J., y Coelho, A. J. (1993). The perceptual side of action: decision-making in sport. En J.L. Starkes y F.Allard (Eds.). *Cognitive Issues in Motor Expertise*, Amsterdam: Elsevier Science.
- Christina, R.W., Barresi, J.V., y Shaffner, P. (1990). The development of response selection accuracy in a football linebacker using video training. *Sport Psychology*, 4, 11-17.
- Dillon, J.M., Crassini, B., y Abernethy, B. (1989). Stimulus uncertainty and response time in a simulated racquet-sport task. *Journal of Human Movement Studies*, 17, 115-132.

- Farrow, D., y Abernethy, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video-based perceptual training?. *Journal of Sport Sciences*, 20, 471-485.
- García, F., Oña, A., Moreno, F.J., y Martínez, M. (1993). Soluciones tecnológicas a la medición de las pruebas físicas. *Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*. Granada.
- 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(4), 382-398.
- Harbin, G., Durst, L., y Harbin, D. (1989). Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance. *The American College of Sports Medicine*, 21 (3), 258-261.
- Helsen, W., y Pauwels, J.M. (1992). A cognitive approach to visual search in sport. En D. Brogan y K. Carr (Eds.). *Visual Search*, vol. II. London: Taylor and Francis.
- (1993). The relationship between expertise and visual information processing in sport. En J.L. Starkes y F.Allard (Eds.). *Cognitive Issues in Motor Expertise*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Hick, W.E. (1952). On the rate of gain of information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4, 11-26.
- Hyman, R. (1953). Stimulus information as a determinant of reaction. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188-196.
- Magill, R.A. (1993). *Motor learning. Concepts and applications*. Iowa: Brown Publishers.

- 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.
- Mestre, D.R., y Pailhous, J. (1991). Expertise in sports as a perceptivo-motor skills. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 211-216.
- Moreno, F.J. (1997). *Desarrollo de un sistema automatizado para el entrenamiento de habilidades motoras abiertas. Aplicación al entrenamiento del resto en tenis*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Moreno, F.J., García, J.A., Ávila, F., Aniz, I., y Reina, R. (2000). La atención visual como mecanismo de selección de información para la acción en el portero de balonmano: el rol de la visión periférica. I Congreso de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Cáceres.
- Moreno, F.J., Oña, A., Martínez, M., y García, F. (1998). Un sistema de simulación como alternativa en el entrenamiento de habilidades deportivas abiertas. *Motricidad*, 4, 75-95.
- Moreno, F.J., Oña, A., y Martínez, M. (2002). Computerized simulation as means of improving anticipation strategies and training in the use of the return in tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 42, 31-41.
- Moreno F.J., Ruiz, A.J., Damas, J.S., Ávila, F., Reina, R., y Luis, V. (2001). Proyecto de análisis de las estrategias de búsqueda visual de los árbitros de baloncesto en situaciones de juego de 5x5. Comparación entre expertos y noveles para la mejora de los procesos de aprendizaje. II Congreso de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. "Nuevas aportaciones al estudio de la actividad física y el deporte". Valencia.

- Moreno, F. J., Reina, R., Luis, V., y Sabido, R. (2002). Visual search strategies in experienced and inexperienced gymnastics coaches. *Perceptual and Motor Skills*, 95, 901-902.
- Moreno, F. J., Reina, R., Sanz, D., y Ávila, F. (2002). Las estrategias de búsqueda visual de jugadores de tenis en silla de ruedas expertos. *Revista de Psicología del Deporte*, 11 (2), 177-292.
- Oña, A., Martínez, M., Moreno, F.J., Serra, E., y Arellano, R. (1993). Optimización de los componentes temporales de la salida de atletismo a través del control de la información. *Revista de Psicología del Deporte*, 3, 5-15.
- Oña, A. (1994). *Comportamiento Motor. Bases psicológicas del movimiento humano*. Granada: Universidad de Granada.
- Petrakis, E. (1986). Visual observation patterns of tennis teachers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(3), 254-259.
- Pollick, F.E., Fidopiastis, C., y Braden, V. (2001). Recognising the style of spatially exaggerated tennis serves. *Perception*, 30, 323-338.
- Reina, R., Moreno, F. J., Sanz, D., Luis, V., y Sabido, R. (2002). Estudio de las estrategias de búsqueda visual en tenistas en silla de ruedas Extremeños ante el segundo saque de tenis liftado. Congreso Internacional de la AIESEP. A Coruña.
- Ripoll, H. (1988). Analysis of visual scanning patterns of volleyball players in a problem solving task. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 9-25.
- (1989). Uncertainty and visual search strategy in table tennis. *Perceptual and Motor Skills*, 69, 507-512.
- Sabido, R., Ruiz, A.J., Tena, J.A., Reina, R., Luis, V., Saavedra, J., Ávila, F., y Moreno F.J. (2002). Análisis de las diferencias entre entrenadores de natación

expertos y noveles mediante el estudio de las estrategias de búsqueda visual. *II Congreso de Ciencias del Deporte*. Madrid.

Savelsbergh, G.J.P., Williams, M., Van der Kamp, J., y Ward. P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sport Sciences*, 20, 279-287.

Schweizer, K. (1998). Visual search, reaction time, and cognitive ability. *Perceptual and Motor Skills*, 86, 79-84.

Singer, R.N., Williams, A. M., Frehlich, S.G., Janelle, C.M., Radlo, S.J., Barba, D.A., y Bouchard, L.J. (1998). New frontiers in visual search: an exploratory study in live tennis situations. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(3), 290-296.

Tyldesley, D.A., Bootsma, R.J., y Bomhoff, G.T. (1982). Skill level and eye movement patterns in a sport orientated reaction time task. En H. Rieder, H. Mechling y K. Reischle (Eds.). *Proceedings of an International Symposium on Motor Behaviour: Contributions to Learning in Sports*, Cologne: Hofmann.

Vickers, J.N. (1982). Gaze control in putting. *Perception*, 21, 117-132.

----- (1996). Control of visual attention during the basketball free throw. *American Journal of Sports Medicine*, 24(6), S93-97.

Vickers, J.N., y Adolphe, R.M. (1997). Gaze behaviour during a ball tracking and aiming skill. *International Journal of Sports Vision*, 4(1), 18-27.

Williams, A. M. , Davids, K., Burwitz, L., y Williams, J.G. (1992). Perception and action in sport. *Journal of Human Movement Studies*, 22, 147-205.

----- (1993). Cognitive knowledge and soccer performance. *Perceptual and Motor Skills*, 76, 579-593.

- (1994). Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65, 127-135.
- Williams, A. M., y Davids, K. (1998) .Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2), 111-129.
- Williams, A.M., Singer, R.N., y Weigelt, C. (1998). Visual serach strategy in “live” on-court situations in tennis: an exploratory study. En A. Lees e I.W. Maynard (Eds.). *Science and Rackets*, Vol. II. London: E & FN Spon.
- Williams, A. M., Davids, K., y Williams, J. G. (1999). *Visual perception and action in sport*. London: E & FN SPON.
- Zeki, S. (1992). La imagen visual en la mente y en el cerebro. *Investigación y Ciencia*, 149, 27-35.