

APLICACIÓN DE UN PROTOCOLO AUTOMATIZADO PARA EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS TEMPORALES DE LA RESPUESTA DE REACCIÓN EN JUGADORES DE TENIS DURANTE LA EJECUCIÓN DE SPLIT-STEP Y VOLEA

Menayo, R.; Fuentes, J.P.; Luis, V. & Moreno, F. J.
Universidad de Extremadura. Facultad de Ciencias del Deporte

RESUMEN

El propósito de este trabajo consiste en mostrar el proceso de diseño y la aplicación de un sistema automatizado de medida para el registro en tiempo real de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en jugadores de tenis durante la ejecución de una acción técnico-táctica denominada "split-step y segunda volea". El conocimiento generado en cuanto a las características temporales de la acción se empleará para identificar las variables que determinan la eficacia en la misma y diseñar una investigación que permita optimizar el rendimiento de los tenistas en esta secuencia del juego. Así, el empleo de este sistema tecnológico permitirá un análisis preciso de la respuesta motriz de los jugadores y la extracción de información relevante acerca de la acción definida.

PALABRAS CLAVE: Tenis, split-step y volea, sistema automatizado de medida, respuesta de reacción.

ABSTRACT

This study is aimed to show the design and application process of an automated system to recording in real time the temporary parameters of tennis players reaction response during the execution of the technical-tactical movement called "split-step and second volley".

The knowledge about temporary characteristics of the action will be make used of identify the variables to cause in that and also to design an investigation to permit an improvement of the tennis players efficiency in this sequence of the play. In this way, the use of the technological system will allow a precise analysis of player's motor response and the eminent information about the defined action

KEY-WORDS: Tennis, split-step and volley, automated system of measure, reaction response

INTRODUCCIÓN

Este trabajo trata de profundizar en la línea de investigaciones desarrolladas sobre el desarrollo y la aplicación de sistemas automatizados para el análisis del movimiento humano y los procesos comportamentales que determinan el rendimiento en las tareas motrices (Moreno, Oña, Martínez & García, 1998; Alain & Serrazin, 1990; Cárdenas, 1995; Moreno, 1997; Pollick, Fidopiastis & Braden, 2001; Moreno, Reina, Luis, Damas & Sabido, 2003). Se presenta un protocolo automatizado de medida empleado para la realización de un análisis descriptivo de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en los que se desarrolla una

acción deportiva, concretamente en tenis, como es la ejecución del split-step y la segunda volea de derecha o de revés.

Este trabajo parte de estudios previos realizados acerca del empleo de sistemas automatizados para el análisis y el entrenamiento de diferentes acciones deportivas. A modo de ejemplo, podemos citar las investigaciones desarrolladas con profesores de tenis (Ávila & Moreno, 2002), con porteros de balonmano (García, Moreno, Luís & Avila, 2003), con árbitros de baloncesto (Ruíz, Reina, Luis & Moreno., 2003) y con tenistas (Luís, Reina, Sabido, Sanz Ruiz & Moreno., 2003) y tenistas en silla de ruedas (Reina, Sanz, Luis y Moreno, 2003; Reina, Luis, García, Sanz, Sabido & Moreno, 2004).

Trabajos anteriores han profundizado sobre el análisis de las áreas más relevantes de la escena que se visualiza. Así estas áreas de alta relevancia informativa se consideran cruciales para un rendimiento exitoso en el deporte (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). Algunos de los autores han destacado que la eficacia en la conducta perceptivo-motriz radica en la habilidad para establecer relaciones significativas entre la información extraída y el posterior comportamiento (Abernethy & Russell, 1983; Goulet, Bard & Fleury, 1989; Abernethy, 1990a, 1990b). 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.

La observación de los patrones de juego en jugadores de tenis denominados “de saque y volea” y las investigaciones que han estudiado los parámetros temporales en situaciones análogas, suponen el inicio de esta investigación. En la actualidad, el tenis se caracteriza por el predominio de acciones potentes y explosivas. La velocidad en el juego es muy elevada, obligando a los jugadores a utilizar recursos que les faciliten la realización de sus acciones en la pista en el menor tiempo posible, con el fin de responder a los ataques del adversario y optimizar su rendimiento. En este sentido, parece evidente que el tiempo de reacción de los jugadores debe ser el mínimo posible dadas las características de limitación temporal exigidas en la acción, sin que esto suponga un detrimento en la eficacia de los golpes.

En esta línea, estudios realizados por Avilés, Benguigui, Beaudoin y Godart (2002) analizaron los parámetros temporales de la respuesta de reacción en expertos y noveles en una situación de resto con ejecución de split-step ante el servicio,

concluyendo que los primeros obtenían mejores intervalos de tiempo en cuanto a la sincronización entre el impacto del servicio y su resto, así como también se anticipaban en el timing y en la preparación del golpe.

Estas acciones son definidas por Temprado y Alain (en Famose, 1999) como situaciones de “presión temporal” del jugador en espera o en defensa. Estos autores determinaron cómo influían las características de la tarea y del contexto sobre la ejecución y el rendimiento, describiendo como aspectos determinantes para la eficacia la “presión temporal”, los “movimientos anticipatorios” y el “estado de preparación”, relacionados directamente con el tiempo de reacción de los jugadores.

Estos autores representaban el problema de decisión en el que se encuentra el tenista en defensa desglosado en cinco fases que aparecen consecutivamente en el tiempo, entre el primer contacto pelota-raqueta del atacante, el contacto posterior del oponente y el último golpeo. En esta situación, los elementos que determinan la ejecución son los siguientes:

1. Formulación de las esperas y evaluación de la presión temporal.
2. Movimientos anticipatorios.
3. Elección del estado de preparación.
4. Tiempo de reacción
5. Elección del golpe.

En la situación que se plantea, partimos de la elección del estado de preparación, dando por supuesto que las fases anteriores se han producido. Siguiendo a los autores y estudios citados anteriormente, en la acción del jugador, éste debe decidir entre la preparación total, parcial o neutra (Alain y Sarrazin, 1985 y 1990):

El estudio se centra sobre una acción técnico-táctica que se realiza con los pies separados algo más que la anchura de los hombros, con las rodillas semi-flexionadas, con la cabeza de la raqueta a la altura de la del jugador y delante del cuerpo, utilizando la empuñadura continental para el golpeo.

Finalmente, el jugador que se encuentra en una situación de tiempo de reacción, analiza los estímulos de su entorno y ejecuta la volea de derecha o de revés en función del desplazamiento que ha realizado el oponente, necesitando determinar la velocidad y la duración de la ejecución de su movimiento en los apoyos y en el impacto sobre la pelota. De este modo, la respuesta es considerada eficaz cuando el golpeo se dirige al lugar especificado.

De otro lado, cuando el jugador se encuentra en la situación real de volea, debe analizar los siguientes aspectos (Alain y Sarrazin, 1985 y 1990):

- La velocidad de la pelota.
- La dirección/trayectoria de la pelota, para decidir si golpea con volea de derecha o de revés.
- La posición del jugador que ejecuta el intento de passing-shot.
- La dirección y la velocidad de desplazamiento del adversario.
- Los preíndices corporales en la ejecución.
- El conocimiento del adversario y de sus golpes preferidos.

En esta investigación, dichas variables son modificadas con el fin de aislar aquellas que son útiles para la medida de los parámetros temporales y mantener el oportuno control experimental, desestimando factores que no son considerados como objetivos de este estudio. En este sentido, la sustitución del jugador adversario por la máquina lanza-pelotas supone el principal elemento diferenciador de la situación real de juego. Este hecho supone una apreciación fundamental en cuanto a los estímulos procedentes del oponente (preíndices, conocimiento de su juego y de sus golpes), que desaparecen en la situación experimental. Así, se elimina la necesidad de que el jugador en volea tenga que extraer información del adversario, centrándose solamente en su ejecución, objetivo para la descripción temporal de la respuesta de reacción. Además, este aspecto se ve favorecido por el mantenimiento constante de la velocidad de pelota, de su dirección y profundidad al utilizar la máquina lanza-pelotas. De este modo, aseguramos la regularidad de los envíos al garantizar la consistencia de los mismos en cuanto a sus direcciones y trayectorias.

Trabajos anteriores de este mismo grupo de investigación (Reina et al, 2003) destacan la necesidad de profundizar en la validez ecológica de las investigaciones, ya que a medida que los protocolos se asemejen más a la tarea o situación de juego real, la ventaja de deportistas expertos respecto a 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. Deportistas, y en este caso tenistas, con diferentes grados de destreza se encontrarían en un contexto estimular similar, pero desconocido para ambos, por lo que las diferencias en su comportamiento podrían no manifestarse claramente. En los protocolos aplicados en el terreno de juego, se discriminaría mejor entre un comportamiento experto y novel mediante la introducción de una respuesta motriz en la situación perceptiva a la que son sometidos (Williams, Davids & Williams, 1999). El desarrollo de elementos tecnológicos permite el estudio de los procesos perceptivos en situaciones de campo. Algunos de los trabajos realizados en este sentido han tratado de aplicar sistemas

tecnológicos para el estudio de deportes en campo (Bard & Fleury, 1981; Vickers, 1996; Singer, Williams, Frehlich, Janelle, Radlo, Barba & Bouchard, 1998; Moreno, García, Ávila, Aniz & Reina, 2000; Moreno, Ruiz, Damas, Ávila, Reina & Luis, 2001; Ávila & Moreno, 2002; Farrow & Abernethy, 2002; Reina, et al., 2003).

Desde teorías ecológicas se sugiere 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 la que se desarrollan con el componente de la acción (Zeki, 1992). Así, la percepción y la acción deberían ser vistas como mutuamente interdependientes (Mestre & Pailhous, 1991; McMorris & Beazeley, 1997). El estudio de los componentes perceptivos y de acción por separado no reflejaría una medida fiable de la experiencia de esos sujetos en su contexto deportivo (Chamberlain & Coelho, 1993). Este trabajo trata por ello de aplicar esta investigación utilizando un protocolo automatizado en la pista de tenis. Se pretende que este trabajo pueda ser de utilidad durante los procesos de entrenamiento con jugadores de tenis en situación de volea en tenis.

A partir de estas consideraciones, los objetivos que se han pretendido alcanzar con esta investigación son los siguientes:

- Desarrollar un sistema automatizado que permita el registro eficaz de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en la acción denominada “split-step y segunda volea definitiva”, en una situación de juego modificada y adaptada al contexto específico de la pista de tenis.
- Especificar los parámetros temporales en los que se desarrolla la acción.
- Identificar las variables a manipular en un futuro estudio experimental para optimizar la conducta.

En cuanto al diseño de la investigación, se presenta un estudio descriptivo correlacional con el objetivo de identificar los parámetros temporales de la respuesta de reacción del jugador de tenis en la situación de split-step y volea analizada. Este diseño se complementa con un análisis de medidas repetidas intra-sujeto para conocer el efecto del tipo de golpeo y un análisis correlacional aplicado en función de las variables de investigación definidas.

MÉTODO

Situación experimental

La acción real objeto de nuestro análisis comienza con un intento de passing-shot del jugador que se encuentra al fondo y en el centro de la pista. A continuación, el

jugador situado en la red realiza un split-step que le permite una óptima preparación para ejecutar el posterior paso hacia delante -a derecha o izquierda- y así golpear la bola con volea de derecha o de revés al lugar indicado. Otra cuestión importante fue la realización del *split-step* por parte de los jugadores. Esta acción de preactivación neuromuscular previa a la acción de reacción ya fue estudiada en situación de resto ante el servicio, pero se requieren estudios e investigaciones acerca de su ejecución y su efectividad en una acción como el golpeo tras la aproximación hacia la red (Avilés et al, 2002).

Como afirma Groppe (1993), esta acción permite la consecución de la estabilidad necesaria en la posición de espera para poder iniciar con rapidez el movimiento en cualquier dirección. Por tanto, se decidió que se indicaría a todos los jugadores la obligatoriedad de realizar el paso separado, disponiendo las alfombrillas traseras para tal efecto

A partir de la acción de juego real, se diseña la situación de nuestro estudio, sustituyendo al jugador de fondo de pista por una máquina lanza-pelotas modelo Lobster 401 Tournament (Figura 1), con el fin de determinar los parámetros temporales de la respuesta de reacción.

Muestra

En la investigación toma parte una muestra de nueve jugadores de tenis de nivel intermedio con práctica en competición a nivel regional. Los jugadores tienen una edad media de 24,66 años (DT = 4,60) y poseen una experiencia de práctica media de 14,11 años (DT = 4.37). Todos los sujetos participan voluntariamente y firman un formulario de consentimiento informado

Instrumental para el registro de la conducta motriz

A partir del análisis previo de la situación real de juego y de los elementos que intervienen en la acción denominada “split-step y segunda volea”, se diseña una situación contextual (Figura 2) en la cual integramos un sistema automatizado que nos permitiera el registro eficaz de los parámetros temporales de la respuesta de reacción del jugador de tenis. Éste es un sistema adaptado a partir de otros empleados para el registro de la respuesta motriz en habilidades abiertas (Moreno et al, 2003; Damas, Moreno, Reina & Luis, 2004).

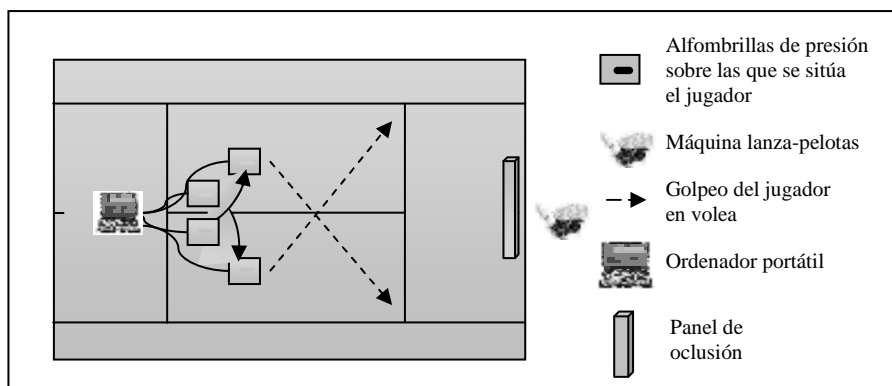


Figura 1. Situación de investigación diseñada para el registro

Para el registro “in vivo” de dichos parámetros se construyó un sistema automatizado compuesto por los siguientes elementos interconectados a un ordenador portátil a través del puerto paralelo:

- Sistema de alfombrillas de contacto que, situadas en el lugar de ejecución del split-step, detectan la presión en los diferentes apoyos del jugador. Se emplean cuatro alfombrillas herméticas presosensibles de goma natural. Este dispositivo funciona como un interruptor, de modo que se encuentra abierto cuando no se presiona sobre las alfombrillas y se cierra cuando se ejerce presión sobre ellas.
- Célula fotoeléctrica (Omrom E3S-AT11), que también actúa como interruptor, situada en la salida de la bola de la máquina lanza-pelotas. Permite el registro del momento temporal de salida de la pelota, cuando ésta corta el haz de luz emitido por la fotocélula.
- Micrófono inalámbrico (S.B.T3/T11-ND) colocado en la muñeca del jugador que volea. Este micrófono recoge el sonido del impacto sobre las cuerdas de la raqueta. Este sonido, que sobresale del ruido ambiental es registrado a través de un sistema de captación de voz (Lafayette 63040*C) empleado como interruptor que manda una señal digital indicando el momento temporal del impacto.
- Máquina lanza-pelotas, empleada para el envío de bolas hacia el lado de la pista en el que se encuentra el jugador en volea, simulando la dirección -derecha o revés- y la trayectoria de un passing-shot.
- Panel de ocultación, colocado delante de la máquina lanza-pelotas para ocultarla al jugador que volea, con el fin de que no pueda identificar la dirección de la pelota a partir de la posición de la máquina.

Todos los dispositivos están configurados de modo que transmiten una señal digital simple (circuito abierto-cerrado) y canalizada a través de un panel de conexiones conectado al puesto paralelo de un computador portátil (Toshiba Satellite 3100CDS), equipado con el software de registro SRI (Sistema de Registro e Información, Universidad de Granada). Este computador registra los datos procedentes de los diferentes dispositivos, representa los valores para su comprobación en el instante y almacena los resultados aceptados como válidos.

Todos los ensayos de los jugadores fueron grabados en vídeo con una cámara en formato digital (Sony DCR-TRV20E) desde una perspectiva cenital, para su posterior digitalización, reproducción y análisis del lugar de envío de cada golpe. Los resultados procedentes de la precisión de los gestos de volea no se reproducen en este trabajo pues fueron utilizados como medida de control para validar los ensayos.

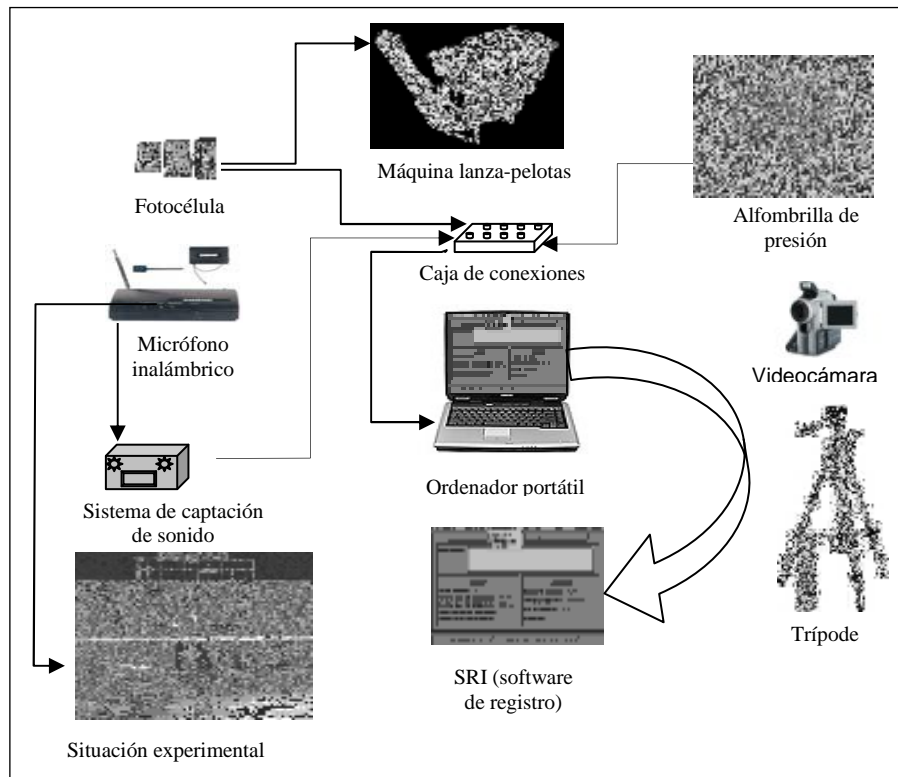


Figura 2. Esquema del instrumental de medida y sus conexiones

Variables

Las variables de investigación definidas en el estudio son las siguientes:

A) La respuesta de reacción, integrada por los siguientes parámetros:

- Tiempo de reacción (TR): transcurrido desde la salida de la pelota de la máquina lanza-pelotas hasta el despegue del pie derecho o izquierdo en la ejecución del split-step.

- Tiempo de movimiento total (TMt): comprendido entre el despegue de los pies en el paso separado hasta el impacto con la pelota.

- Tiempo de movimiento para el apoyo (TM1): tiempo transcurrido desde el despegue hasta el apoyo delantero.

- Tiempo de movimiento para el golpeo (TM2): es el tiempo que transcurre desde el apoyo delantero hasta el golpeo de la bola. En ocasiones este valor temporal es expresado en valores negativos, cuando el sujeto golpeaba la pelota antes de realizar el apoyo delantero

- Como consecuencia de la aproximación temporal descrita, se expresan dos variables de respuesta de reacción. La primera es la comprendida entre la salida de la pelota y el impacto de ésta con la raqueta (RR) y la segunda respuesta de reacción analizada es la comprendida entre la salida de la pelota y el final del TM1, el apoyo delantero del pie (RR1)

B) El tipo de golpe, es decir, volea de derecha o volea de revés.

RESULTADOS

A continuación se exponen los resultados obtenidos a partir de los diferentes análisis de las variables de investigación definidas en este estudio. En primer lugar se presentan los descriptivos relativos a los parámetros temporales de la respuesta de reacción obtenidos por los jugadores participantes en la investigación. Con el fin de comprobar los posibles efectos de la variable tipo de volea (de derecha o de revés) sobre los parámetros temporales de la respuesta de reacción, se aplica una prueba de medidas repetidas. Finalmente, se aplica un análisis correlacional con el fin de determinar si existe algún tipo de relación significativa entre las variables definidas como parámetros temporales de la acción.

En la Tabla 1 se muestran los valores descriptivos globales para los parámetros temporales de la respuesta de reacción de cada uno de los participantes en el estudio. Es destacable los valores bajos o negativos expresados al calcular el tiempo de movimiento del apoyo al impacto de la raqueta con la bola (TM2) indicando que el golpeo se realiza coincidiendo con el apoyo del pie adelantado o incluso antes. De este modo la respuesta de reacción medida hasta el apoyo

delantero (RR1) resulta en ocasiones menor que la respuesta de reacción global (RR).

Tabla 1. Valores medios y desviaciones típicas de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en el gesto de volea

Sujeto	TR	TM1	TM2	TMt	RR	RR1
1	543.07 (94.45)	291.50 (21.98)	-144.93 (262.92)	146.57 (260.65)	689.64 (279.65)	834.57 (95.35)
2	539.14 (45.15)	289.81 (43.59)	-43.76 (172.87)	248.24 (202.19)	781.18 (177.60)	828.95 (36.14)
3	579.38 (42.24)	325.94 (34.75)	78.33 (161.21)	404.28 (181.72)	976.17 (189.57)	897.83 (50.98)
4	647.00 (146.58)	352.80 (75.42)	75.31 (327.49)	426.38 (335.38)	1086.75 (342.42)	1000.60 (208.46)
5	674.90 (88.80)	303.73 (75.08)	-66.27 (50.26)	252.82 (53.56)	905.09 (50.10)	970.80 (51.00)
6	608.78 (100.34)	336.06 (30.30)	-23.67 (113.24)	102.00 (151.05)	915.39 (109.40)	939.06 (104.99)
7	652.14 (38.77)	296.20 (28.19)	-23.50 (105.56)	272.70 (95.86)	919.40 (70.66)	942.90 (56.67)
8	529.75 (81.52)	368.83 (38.55)	-22.52 (69.13)	345.95 (87.68)	868.59 (100.56)	898.58 (97.69)
9	416.70 (128.73)	304.70 (36.79)	91.20 (169.81)	395.90 (190.96)	812.60 (160.12)	721.40 (130.08)

Tabla 2. Descriptivos de los ensayos registrados en la muestra en los parámetros temporales de la respuesta de reacción para los gestos de volea de derecha y de revés

VARIABLE	Golpeo	Media	Desviación típica
TR	Derecha	589.11	124.82
	Revés	585.94	94.48
	Total	587.51	110.21
TM1	Derecha	342.89	50.07
	Revés	306.93	53.26
	Total	323.71	54.67
TM2	Derecha	36.63	124.24
	Revés	-47.92	223.49
	Total	-8.42	188.11
TMt	Derecha	346.29	161.96
	Revés	239.30	248.52
	Total	288.86	218.76
RR	Derecha	941.49	162.91
	Revés	841.67	242.49
	Total	887.91	214.58
RR1	Derecha	915.31	150.29
	Revés	885.84	104.11
	Total	899.59	128.16

En la tabla 2 se aprecian los valores medios expresados por el conjunto de la muestra en las diferentes variables diferenciando los golpes de derecha y de revés. Se observa que la acción-respuesta de reacción (RR) -denominada split-step y volea- se desarrolla en un tiempo medio de 887,91 ms. y queda distribuida en los siguientes tiempos medios parciales: el tiempo de reacción (TR) es de 587.51 ms., siendo muy similares los tiempos registrados entre las voleas de derecha y en las de revés; el tiempo de movimiento para el apoyo (TM1) es de 323.93 ms. y el tiempo de movimiento para el golpeo (TM2) es de -8,42 ms. Finalmente, el tiempo de movimiento total (TMt) es de 288,86 ms.

Al revisar los valores de los parámetros temporales para los gestos de volea de derecha y de revés aparecen diferencias que sugieren un análisis de éstas a través de ANOVA de medidas repetidas.

El análisis de medidas repetidas considerando el global de los ensayos válidos para el grupo muestra diferencias significativas derivadas de la influencia del tipo de volea realizada (derecha o revés) sobre las variables de tiempo de movimiento para el apoyo (TM1) ($F_{1,40}=15.171$ $p<0.001$), en el tiempo de movimiento para el golpeo (TM2) ($F_{1,40}=6.800$ $p<0.05$), en el tiempo de movimiento total (TMt) ($F_{1,40}=6.955$ $p<0.05$) y en la respuesta de reacción (RR) ($F_{1,40}=5.703$ $p<0.05$)

En el análisis de varianza se detectó efecto de la interacción entre los sujetos y el efecto del tipo de golpe para la variable tiempo de movimiento hasta el apoyo (TM1) ($F_{7,40}=4.686$ $p<0.001$). A raíz de estos datos se detecta en el sujeto 6 un comportamiento contrario que en el resto de sujetos al obtener valores superiores en el tiempo de movimiento hasta el apoyo para los gestos de volea de derecha que los de revés (tabla 3). Esta diferencia no se aprecia en el TM2, tiempo de movimiento desde el apoyo hasta el golpeo, manteniendo una tendencia similar al del resto del muestra.

Tabla 3. Valores de tiempo de movimiento hasta el apoyo para el sujeto 6 de la muestra

	Media	Desv. Típica	Error Típico	Sig.
TM1_Derecha	310.428571	19.0075173	7.18416626	0.0024
TM1_Revés	341.428571	19.1646997	7.24357562	

Un análisis correlacional entre los parámetros temporales de la respuesta mostró que existía una interrelación entre las tres variables estudiadas. El tiempo de reacción correlaciona negativamente con el tiempo de movimiento para el apoyo (TM1) y tiempo de movimiento total (TM) ($r = -.474$, $p = .001$ y $r = -.343$, $p = .000$ respectivamente) y de manera positiva con la respuesta de reacción RR1 ($r = .816$, $p = .000$).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En referencia al objetivo principal de la investigación, que es el desarrollo del protocolo automatizado de medida, se muestra la utilidad del sistema en la medición de los parámetros temporales de la respuesta de reacción, asegurando la fiabilidad del mismo y valorando su aplicación en el contexto de la pista de tenis. Esto aporta un incremento en la validez ecológica a la investigación, al no condicionar la actuación de los jugadores a la necesidad de utilizar las instalaciones de un laboratorio.

En relación con la medición de la respuesta de reacción (RR), la acción investigada se produce en un tiempo medio de 887,91 ms. Este es el tiempo transcurrido desde que la pelota sale de la máquina lanza-pelotas hasta que impacta sobre las cuerdas de la raqueta del jugador que volea. Hay que tener en cuenta que la velocidad de la pelota enviada por la máquina era de 60km/h, valores alejados de los 110km/h comentados por Schönborn (1999) como valores máximos, aunque poco frecuentes, registrados en la trayectoria desde el golpeo en el passing-shot hasta la llegada de la pelota al jugador en la red. Por otro lado, se observa que la respuesta de reacción comprendida entre la salida de la pelota y el final del tiempo de movimiento para el apoyo (RR1) presenta valores medios más elevados, fundamentalmente en la volea de revés (877,15 ms. en RR1, frente a 833,58 ms. en RR) que en la respuesta de reacción desde la salida de la pelota hasta el impacto (RR). Esto ocurre porque, en el gesto de volea de revés, los jugadores tienden a golpear la pelota antes de realizar el apoyo. En este caso se podría plantear la valoración del golpeo de la bola previo al apoyo en función de la estabilidad del jugador en la ejecución de los golpes, ya que podría encontrarse en una situación de desequilibrio en el momento del impacto que podría redundar en la reducción del rendimiento en la acción.

De cualquier modo parece que a tenor de los resultados, el jugador en la red que va a realizar la acción de la volea dispone de muy poco tiempo para analizar la cantidad y la variedad de estímulos que aparecen en la acción, y más teniendo en

cuenta que en este estudio se eliminan los procedentes del adversario. En estas situaciones, partiendo de los trabajos clásicos de Hick (1952) y Hyman (1953), el tiempo de reacción es directamente proporcional a la cantidad de incertidumbre del entorno que rodea al sujeto. En ese margen temporal el jugador debe procesar una gran cantidad de información respecto a la velocidad de la pelota, a su dirección y trayectoria, así como, en su caso, de la posición de su oponente, de su dirección de desplazamiento, de su velocidad, de sus orientaciones corporales y del conocimiento de su juego (Temprado y Alain,; en Famose, 1999, Moreno & Avila, 2002). Este procesamiento de información tiene la finalidad de predecir la acción para anticiparse y rendir en su ejecución. Por tanto, la elección del estado de preparación se revela como fundamental para este fin.

Debido a las necesidades de respuesta de reacción de la acción, la importante función del split-step (Groppel, 1993) se hace patente al requerir el jugador que volea una posición estable y equilibrada que le permita la reacción rápida para moverse hacia la pelota en la dirección adecuada.

Continuando con el análisis de los parámetros temporales de la respuesta de reacción, se observa que el tiempo de reacción medio de los jugadores es de 587 ms. y el tiempo de movimiento total es de 288,86 ms. La suma de ambos valores supone la valoración de la respuesta de reacción y, por tanto, debemos tener en cuenta las mismas consideraciones respecto a los estímulos que aparecen en la acción y que citábamos anteriormente. Las correlaciones significativas entre las tres variables estudiadas suponen concluir que unas influyen sobre otras. Esto es evidente en la correlación positiva de éstas dos variables comentados con la variable respuesta de reacción como ya hemos comentado. Sin embargo, el hecho de que tanto el tiempo de reacción como el tiempo de movimiento correlacionen negativamente entre sí contradice las afirmaciones de Proteau, Leroux, Levesque y Girouard (1986) y Proteau y Girouard (1987), que postulaban sobre la independencia de ambos parámetros. En los resultados presentados queda patente la correlación negativa entre estas dos variables, lo que significa que mayores tiempos de reacción se corresponderán con tiempos de movimiento menores y viceversa, hecho que parece concluir en la acción analizada que una ganancia de tiempo en estas dos variables provoca la pérdida de otra, compensándose la pérdida en una con la ganancia en la otra.

En relación con estos tiempos, se propone la posibilidad de utilizar el sistema de medida aplicado en este estudio para realizar futuras investigaciones inter-grupos y procedimientos experimentales en los que se validen protocolos de intervención y entrenamiento. En esta línea, se plantea el desarrollo de un análisis

considerando el paradigma experto-novel en relación con los parámetros temporales obtenidos por ambos grupos y establecer conclusiones sobre este aspecto.

Por otro lado, hemos comprobado a partir de los resultados obtenidos en la investigación presentada que sí existen diferencias significativas en las variables de tiempo de movimiento para el apoyo, en el tiempo de movimiento total y en la respuesta de reacción entre las voleas de derecha y de revés. Estas diferencias indican que los parámetros temporales de la respuesta de reacción en la secuencia de juego analizada son diferentes en función del tipo de golpe realizado por cada jugador. Sin embargo se han observado tiempos de reacción similares para los dos tipos de gestos, concluyendo al respecto que las exigencias atencionales o perceptivas son similares y dependerían más de las características de la acción del oponente que de la del propio sujeto en su reacción.

A partir de estos datos se podría afirmar que el rendimiento obtenido en la acción denominada split-step y volea será diferente en función de los valores temporales registrados por cada sujeto en las voleas de derecha y de revés. De aquí surge la importancia de determinar cómo influyen las variables analizadas en la ejecución de ambos golpes, con el fin de optimizar el rendimiento del jugador de acuerdo con los parámetros temporales más idóneos.

A partir de lo expuesto, podemos establecer las siguientes conclusiones acerca de la investigación presentada:

1.- El protocolo de medida automatizada diseñado y aplicado se muestra como una herramienta útil para la medición de los parámetros temporales de la respuesta de reacción en jugadores de tenis durante la ejecución del split-step y la segunda volea.

2.- Sería esencial planificar la investigación sobre esta acción de juego utilizando un diseño experimental o de intervención, a efectos de estar en disposición de establecer comparaciones en las medidas, valorando los resultados en función de la intervención sobre grupos de tenistas

3.- Convendría intentar dotar de una mayor validez ecológica a la situación experimental, (Moreno et al., 2003) suprimiendo la máquina lanza-pelotas e incluyendo un procedimiento de simulación o, incluso, un adversario, con el fin de aportar a la investigación los estímulos procedentes del juego de un oponente.

4.- En general, proponemos la necesidad de desarrollar de un mayor número de investigaciones en torno a este objeto de estudio que arrojen nuevos

resultados acerca de las variables que determinan el rendimiento en la secuencia de juego definida.

Prospectivas de la investigación

Como prospectivas del estudio descriptivo desarrollado, se plantea en primera instancia la optimización del sistema de medida en relación con la valoración de la precisión como variable de rendimiento. Una vez dispongamos de una medida fiable de esta variable, se desarrollaría una investigación experimental para comprobar si realmente existe relación entre los parámetros temporales de la respuesta de reacción y la eficacia en la acción desde el punto de vista de la precisión en el golpeo.

Posteriormente, en la línea de la valoración del rendimiento en la acción, se empleará el protocolo de medida para desarrollar otra investigación, en la cual el objeto de estudio será la toma de decisiones del jugador que volean, en función del desplazamiento de un oponente real. En este caso, se mediría la eficacia del golpeo en función de la decisión tomada respecto al lugar de envío de sus voleas.

Para el diseño de este experimento se considerarán los datos obtenidos del primero, en cuanto a los parámetros temporales en los que se desarrolla esta secuencia de juego, a efectos de aproximarnos en la medida de lo posible, a la situación real de juego. Finalmente, debe explorarse la posibilidad de aplicación del protocolo diseñado para la investigación de otras acciones de juego, tanto en tenis como en otros deportes

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. & RUSSEL, D.G. (1983). Skill in tennis: consideration for talent identification and skill development *Australian Journal of Sport Sciences*, 3, 3-12.

- ALAIN, C. y SARRAZIN, C. (1985). Prise de décision et traitement de l'information en squash. *Sciences et techniques des activités physiques et sportives*, nº. 12, pp. 49-59.
- ALAIN, C. y SARRAZIN, C. (1990). Sport skill analysis : A simulation of a decision making model of squash competition. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, vol. 15, nº3, pp. 195-220.
- ÁVILA, F. & MORENO, F.J. (2002). Visual search strategies elaborated by tennis coaches during execution error detection processes. *Journal of Human Movement Studies*, 44, 209-224.
- AVILÉS, C., BENGUIGUI, N., BEAUDOIN, E., y GODART, F. (2002). El desarrollo de una percepción rápida en la preparación para la acción del resto. *ITF Coaches Review*, 28.
- 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.
- 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.
- DAMAS, J.S, MORENO, F.J., REINA, R., LUIS, V. (2004). Presentación DE un sistema automatizado para el análisis de la eficacia de los receptores en voleibol. *Motricidad*, 11, 105-119.
- FAMOSE, J.P. (1999). *Cognición y rendimiento motor*, pp. 45-64. Barcelona: INDE Publicaciones.
- 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, J., MORENO, F.J., LUÍS, V. y ÁVILA, F. (2003). Manipulación del visionado de secuencias mediante técnicas de oclusión para la determinación de la localización del lanzamiento a portería en balonmano. *II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del 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.
- GROPPEL, J.L. (1993). *Tenis para jugadores avanzados*. Madrid: Gymnos.
- 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 time. *Journal of Experimental Psychology*, 45, 188-196.
- LUÍS, V., REINA, R., SABIDO, R., SANZ, D., RUIZ, A. y MORENO, F.J. (2003). Influencia de programas perceptivo-visuales sobre la respuesta de reacción y la precisión de la respuesta en una tarea de aproximación a red en tenis. *II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Granada.
- 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., REINA, R., LUIS, V., DAMAS, J.S., y SABIDO, R. (2003). 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. *Motricidad*, 10, 165-190.
- 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.

- POLLICK, F.E., FIDOPIASTIS, C., y BRADEN, V. (2001). Recognising the style of spatially exaggerated tennis serves. *Perception*, 30, 323-338.
- PROTEAU, L. Y LEROUX, M, LEVESQUE, L. y GIROUARD, Y. (1986). Stratégie de décision: l'effet de la proportion du temps total de réponse occupée par le TCR. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, vol. 11, n° 4, pp. 191-204.
- PROTEAU, L. Y GIROUARD, Y. (1987). La prise de décision rapide en situation de choix dichotomique: une approche intégrée. *Revue canadienne de psychologie*, vol. 41, n° 4, pp. 442-473.
- REINA, R., LUIS, V., GARCÍA, J., SANZ, D., SABIDO, R. & MORENO, F. (2004). The effect of the server perform-side on the visual behaviour of tennis and wheelchair tennis players. *Journal of Human Movement Studies*, 47, 025-045.
- REINA, R., SANZ, D., LUÍS, V. Y MORENO, F. (2003). Estudio de la respuesta de reacción de tenistas y tenistas en silla de ruedas en el resto al servicio en situaciones de campo y laboratorio. *II Congreso Internacional de la AIESEP*. La 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.
- RUÍZ, A., REINA, R., LUÍS, V., Y MORENO, F. (2003). Las estrategias de búsqueda visual desarrolladas por los árbitros de baloncesto en posición de cola. *II Congreso Mundial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. Granada.
- 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.
- SHÖNBORN, R. (1999). *Tenis. Entrenamiento técnico*. Madrid: Tutor.
- 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.
- 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.
- (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., 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.