

Monograph

La Influencia de la Velocidad de la Pelota y la Iluminación de la Cancha sobre el Tiempo de Reacción para Realizar una Volea en Tenis

Jui Hung Tu, Yaw Feng Lin y Shu Chen Chin

Department of Physical Education, National Pingtung University of Education, Pingtung, Taiwan.

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue analizar los efectos de la velocidad de la pelota, la iluminación de la cancha y el tipo de golpe sobre el tiempo de reacción (RT) de un atleta de tenis para un golpe de volea. Se estudiaron ocho casos con dos velocidades de pelota diferentes (alta y baja), dos tipos de volea (derecha y revés) y dos niveles de iluminación de cancha (oscura y luminosa). Los 30 sujetos que participaron incluyeron 18 jugadores y 12 jugadoras de tenis universitario masculinos (edad: 24 ± 3.2 años), con una clasificación de la Asociación de Tenis de los Estados Unidos (USTA) por encima de 2,5. A fin de asegurar la validez de las correlaciones en el mundo real, los experimentos se diseñaron para simular situaciones reales de competencia. Se midieron los tiempos de reacción para los golpes de volea en respuesta a diferentes enfoques de velocidades de pelota (alta: $25.05 \pm 0.37 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y baja: $17.56 \pm 0.92 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) para diferentes tipos de volea (derecha y revés) y diferentes niveles de iluminación de la cancha ($55649 \pm 4292 \text{ lux}$ y $363.24 \pm 6.53 \text{ lux}$ en la cancha). Durante las pruebas, se registraron las señales provenientes de un sensor electromiográfico y de un acelerómetro de 3 ejes ($\pm 50 \text{ g}$) utilizando una tarjeta de NI DAQ (NI PXI-6251) y luego se analizaron para determinar el tiempo de reacción (RT), el tiempo de reacción premotor (PRT) y el tiempo de reacción motor (MRT) mediante la utilización de un sistema LabVIEW. El consecuente análisis ANOVA de 3 vías no indicó ninguna interacción del RT, el PRT o el MRT entre la velocidad de la pelota, el tipo de volea y la iluminación. La velocidad de la pelota y los parámetros de iluminación afectaron los valores del RT y el PRT de manera significativa con $p < 0.05$, pero no se observaron variaciones significativas en el MRT a lo largo de las condiciones experimentales implementadas. Todos los resultados experimentales indicaron que la velocidad de la pelota y los niveles de iluminación afectan seriamente el valor del PRT, pero no tienen ningún efecto significativo sobre el valor del MRT, los cambios en el RT estuvieron dominados por el PRT.

Palabras Clave: tiempo de reacción premotor, tiempo de reacción motor, electromiograma, tenis

INTRODUCCION

La volea es una técnica de golpeo que a menudo utilizan los jugadores de tenis y que juega un papel clave en las competencias de tenis. La ejecución correcta del movimiento requiere respuestas rápidas con un retraso mínimo de tiempo debido a la velocidad de la pelota y la proximidad física del rival (Shim, Chow, Carlton, y Chae, 2005); por lo que el tiempo de reacción (RT) de un jugador es clave para el rendimiento. Un RT disminuido le brinda a un jugador más tiempo para

considerar la correcta ejecución de un movimiento apropiado.

El RT se define como el intervalo entre el comienzo de una señal y el inicio de una respuesta (Magill, 2007). La duración del RT está afectada por varios factores, pero las influencias más directas son los estímulos externos (Lin, 2001). Puede definirse un modelo de estímulo-respuesta para describir la reacción de un atleta ante la recepción de un estímulo visual. En términos de control motor, los investigadores suponen que hay tres etapas en el procesamiento de la información. La primera etapa pertenece a la identificación de estímulos en respuesta a entradas sensoriales. Cuando se completa esta etapa, la información pasa a la etapa de selección de respuesta y por último a la tercera etapa, la programación de la respuesta, hasta que se produzca una acción (salida) (Schmidt y Wrisberg, 2004). Las fuentes de estímulo tales como una pelota en vuelo o la iluminación de la cancha pueden influenciar el tiempo de procesamiento de la información de un jugador. El costo de tiempo asociado a cada una de estas tres etapas determina la duración del RT.

En general el RT puede dividirse en dos componentes con la ayuda de la señal de electromiograma (EMG) - el tiempo de reacción premotor (PRT) y el tiempo de reacción motor (MRT). El PRT es el tiempo de proceso central entre la entrada de una señal de estímulo y los primeros cambios detectados en el EMG. El MRT es el tiempo de ejecución periférica entre un incremento inicial en la actividad muscular y el acontecimiento del verdadero movimiento (Magill, 2007; Sheridan, 1981).

Estudios previos han demostrado que la velocidad de la pelota es uno de los factores externos clave que influyen al RT (Liu, 2001; 2002; Owings et al., 2003). No obstante, algunos de estos estudios se realizaron en realidad virtual utilizando un enfoque de análisis de video, limitando así la validez de su correlación con los sistemas del mundo real (Cheng, 2006; Su, 2006). Asimismo, existen estudios y discusiones extrañas en relación con los parámetros del PRT y el MRT.

La intensidad de la iluminación es otro factor externo que influye al RT y el tiempo de reacción también depende de la actividad sináptica (Adrian, 1928). El RT de un atleta se utiliza para evaluar el rendimiento mediante el cálculo de la velocidad con la cual se inicia un movimiento requerido como indicador del probable éxito o fracaso. La iluminación disminuida induce el efecto Purkinje y reduce la agudeza visual (Boyce, 1973). Asimismo, las fibras del nervio óptico descargan con más facilidad y mayor frecuencia en respuesta al estímulo luminoso (Hartline y Graham, 1932; Lines et al., 1984). La agudeza visual bajo condiciones de iluminación disminuida varía de manera significativa tanto en los jugadores de tenis como en los que no lo son (Jafarzadehpur y Yarigholi, 2004). Este estudio prueba el verdadero efecto en el rendimiento de los jugadores en los distintos entornos de iluminación.

Este estudio se realizó en el campo a fin de obtener los parámetros relacionados con el RT. Se analizó la influencia de las diferentes velocidades de pelota, nivel de iluminación y tipo de volea de tenis, y se identificaron los factores predominantes que influyen al RT bajo estas condiciones.

MÉTODOS

Dieciocho jugadores masculinos y doce jugadoras mujeres de un equipo de tenis universitario (edad: 24 ± 3.2 años, altura: 1.72 ± 0.05 m; peso: 68.3 ± 10.3 kg), con una clasificación de la Asociación de Tenis de los Estados Unidos (USTA) por encima de 2,5, realizaron movimientos de volea de derecha y revés. Cada sujeto tenía visión normal o usaba lentes correctivos apropiados (el estándar fue: VA=1.0), según lo evaluado por un oftalmólogo.

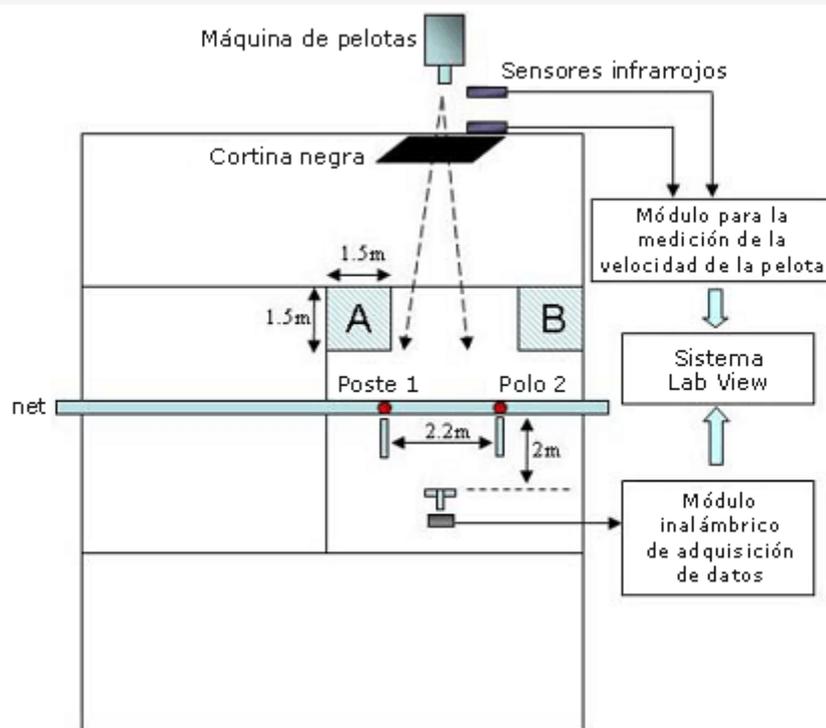


Figura 1. Diseño de la cancha para el experimento: la máquina de pelotas está bloqueada por una cortina negra y ubicada a 12 m de la red, el rango efectivo entre el poste 1 y el poste 2 es de 2.2 m., la distancia desde la línea de partida del participante hasta la red es de 2m. Las zonas A y B son los objetivos para la volea de derecha y revés.

Se conectaron dos sensores infrarrojos a un módulo de adquisición de datos (NI PXI-6251, frecuencia de muestreo: 6 kHz) para las mediciones de la velocidad de la pelota. En el presente estudio la velocidad alta se definió como $25.05 \pm 0.37 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, y la velocidad baja fue de $17.56 \pm 0.92 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Chow et al., 1999; Andrew, Knudson y Tillman, 2003). Se utilizó un módulo inalámbrico (NI WLS-9163, frecuencia de muestreo: 6 kHz) para obtener las señales del EMG y el acelerómetro (Figuras 1 y 2). El movimiento de volea se caracteriza por golpear la pelota con el tronco y los brazos y la articulación dominante es el hombro; asimismo, el músculo deltoides exhibió la mayor actividad durante el pre-test. Por lo tanto, en este estudio se adhirió un sensor de EMG al músculo deltoides del brazo dominante del atleta (Tu, 2008). El acelerómetro se adjuntó al extremo superior de la raqueta.

Puesto que se midió desde la mitad del campo de la cancha utilizando un medidor digital de luz (TES-1332A), la iluminación alta (HI) durante la condición luminosa fue de $55640 \pm 5108 \text{ lux}$ y la iluminación baja (LI) fue de $361.45 \pm 1.28 \text{ lux}$. El valor de contraste de la pelota fue del 8% en la situación de HI y de 19,4% en la situación de LI (Ecuación 1).

$$\text{Valor de Contraste} = \frac{|\text{Lux1} - \text{Lux2}|}{\text{Lux1}} \text{ (Ecuación 1)}$$

El Lux1 es la iluminación que el medidor de luz midió hacia la pelota en el centro del campo de la cancha de tenis, (la altura desde la parte superior de la pelota hasta el sensor del medidor de luz es 7 cm), Lux2 es la iluminación que el medidor de luz midió hacia el campo.

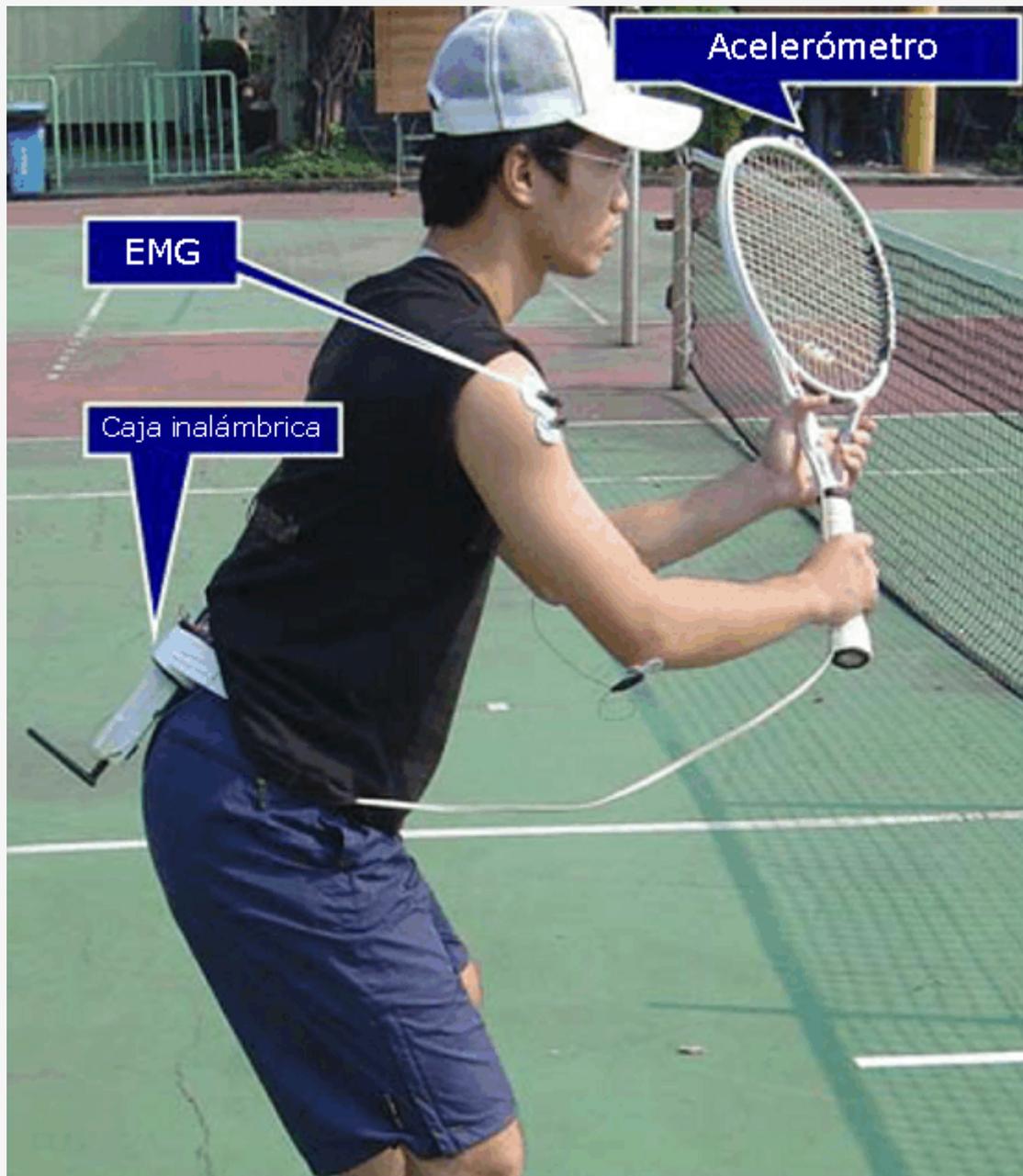


Figura 2. Colocación de los sensores en el sujeto: la caja inalámbrica se adhiere a la parte posterior de la cintura del participante, el acelerómetro se sujeta al extremo superior de la raqueta, y el sensor de EMG se adhiere al deltoides del brazo dominante.

Todos los módulos de adquisición se sincronizaron a través del sistema LabVIEW para identificar los parámetros de RT (Figuras 1 y 3).

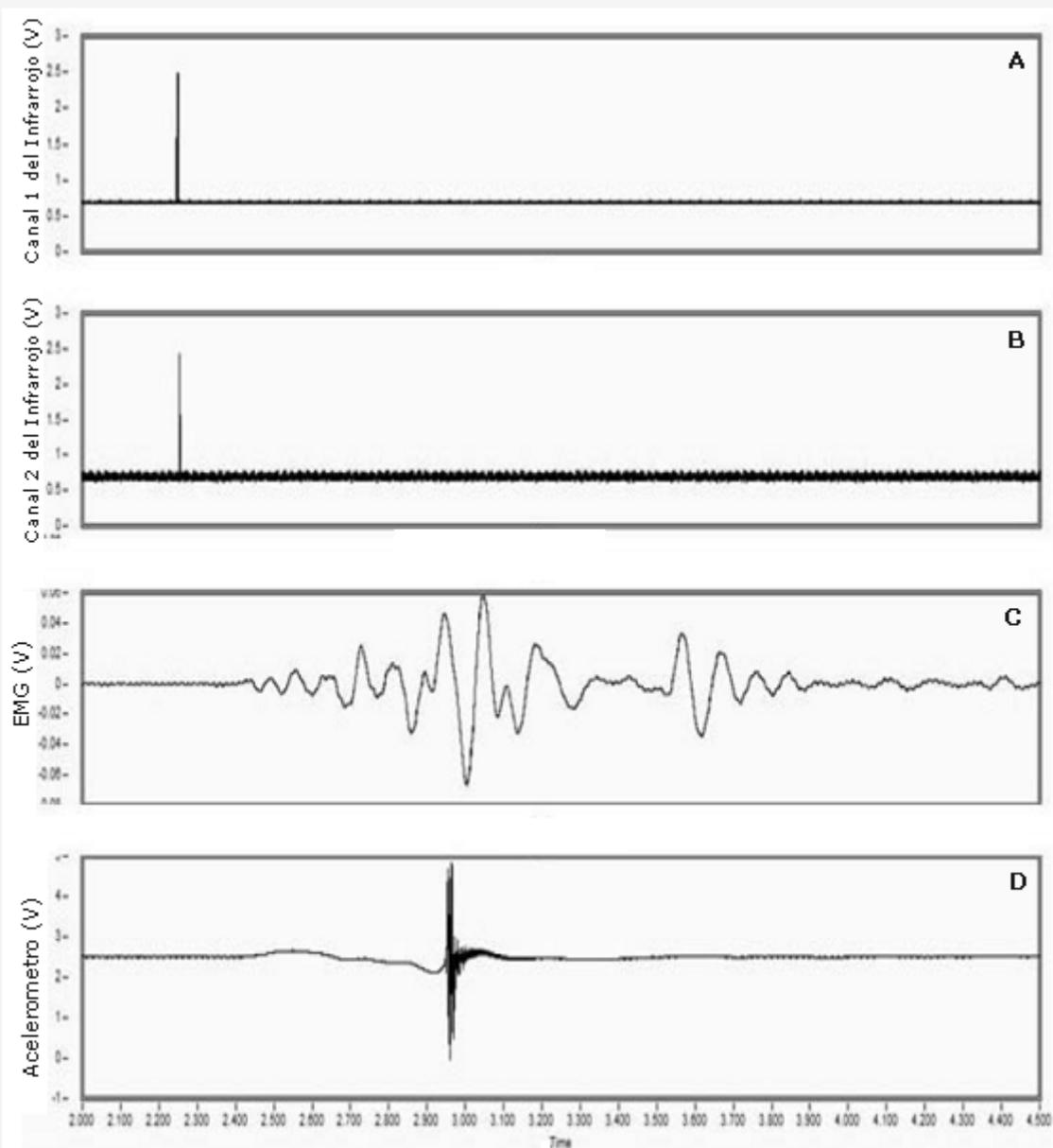


Figura 3. Señales del sistema experimental: (a) sensor infrarrojo 1, (b) sensor infrarrojo 2, (c) EMG integral, (d) acelerómetro (tiempo de muestreo 1/6000 s).

En las pruebas, a los participantes se los separó en dos grupos al azar. A un grupo se lo evaluó en primer lugar con una iluminación alta y luego con iluminación baja, mientras que al otro se lo evaluó en el orden inverso para contrarrestar cada prueba.

Variables Independientes		Alta Velocidad de la Pelota		Baja Velocidad de la Pelota	
		Derecha	Revés	Derecha	Revés
RT(s)	HI	0.263 (0.038)	0.227 (0.043)	0.257 (0.068)	0.253 (0.047)
	LI	0.198 (0.017)	0.195 (0.044)	0.225 (0.037)	0.227 (0.037)
PRT(s)	HI	0.185 (0.063)	0.176 (0.047)	0.205 (0.058)	0.205 (0.043)
	LI	0.152 (0.038)	0.151 (0.041)	0.182 (0.031)	0.176 (0.036)
MRT(s)	HI	0.052 (0.020)	0.051 (0.022)	0.052 (0.025)	0.048 (0.030)
	LI	0.040 (0.013)	0.043 (0.015)	0.042 (0.019)	0.051 (0.014)

Tabla 1. Promedio (\pm DE) de los parámetros del RT para las diferentes velocidades de la pelota, tipos de volea y niveles de iluminación.

Se incluyeron 8 casos específicos en cada prueba en relación con cada combinación de dos velocidades diferentes de pelota, dos direcciones (para golpes de derecha y revés) y dos iluminaciones diferentes. A fin de incrementar la validez estadística del resultado, los participantes realizaron 5 pruebas exitosas para cada uno de estos 8 casos; se llevaron a cabo 40 pruebas para cada participante del estudio y los casos en cada prueba se organizaron al azar. Durante las pruebas, los participantes estaban de pie detrás de la línea de partida y sostenían la raqueta con su mano dominante en la posición de listo para volear como se indica en la Figura 3. Un conductor anunciaba la señal de listo antes de que la máquina de pelotas proyectara cada pelota. Dado que el RT depende del PRT y el MRT, los tres valores se determinaron de manera simultánea en los tests. En este estudio, el PRT se definió como el período de tiempo entre el momento en que las pelotas de tenis activaban del primer sensor infrarrojo y el comienzo de la señal de EMG del deltoides; el MRT se definió como el período de tiempo entre las señales de comienzo desde el EMG del deltoides y la primera lectura del acelerómetro. A fin de analizar la influencia de la velocidad de la pelota y la iluminación de la cancha en el RT sobre la volea de tenis e identificar el parámetro físico predominante que impacta en el RT, los datos generados se analizaron mediante un análisis de varianza [ANOVA] de 3 vías (Knudson, 2009), el nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y las variables independientes fueron la velocidad de la pelota, la iluminación y el tipo de volea, las variables dependientes fueron el RT, el PRT y el MRT.

RESULTADOS

Efectos de la Velocidad de la Pelota, el Tipo de Volea y la Iluminación en el RT

Los resultados del ANOVA de 3 vías aparecen en las Tablas 1 y 2. El RT estuvo afectado por las diferentes velocidades de la pelota ($F = 5.49$) y las iluminaciones ($F = 26.23$), pero no fue afectado significativamente por los diferentes tipos de volea ($p > 0.05$). El RT no difirió de manera significativa bajo la interacción del tipo de volea, la velocidad de la pelota y las iluminaciones ($p > 0.05$). Esto también indica que los valores de RT son muy independientes del tipo de volea, la velocidad de la pelota y las iluminaciones.

Efectos de la Velocidad de la Pelota, el Tipo de Volea y las Iluminaciones en el PRT

El PRT se vio afectado por las diferentes velocidades de la pelota ($F = 20.85$) y las iluminaciones ($F = 24.28$), pero no tuvo no se vio afectado significativamente por los diferentes tipos de volea. El PRT no difirió de manera significativa bajo la interacción del tipo de volea, la velocidad de la pelota y las iluminaciones ($p > 0.05$). Esto también indica que los valores de PRT son muy independientes de los tipos de volea, las velocidades de la pelota y las iluminaciones (Tabla 3).

Al corroborar los hallazgos previos, se halló que la velocidad de la pelota afectó los valores del RT ($F = 5.49$; Tabla 2) y del PRT ($F = 20.85$; Tabla 3) de manera significativa ($p < 0.05$), sin efectos sobre el MRT (Tabla 4). Aún más importante, el análisis muestra que los valores de RT ($F = 26.23$; Tabla 2) y PRT ($F = 24.28$; Tabla 3) se vieron sustancialmente afectados por la iluminación ($p < 0.05$), aunque no fue el caso para el MRT.

Efectos de la Velocidad de la Pelota, los Tipos de Volea y las Iluminaciones en el MRT

Por último, no se observó ningún cambio significativo sobre el valor del RMT ($p > 0.05$) con las distintas velocidades de la pelota, tipos de volea e iluminación (Tabla 4).

Fuente	SS	df	MS	F
S	0.27676827	29	0.00954373	
Velocidad de la pelota (A)	0.02372459	1	0.02372459	5.49*
S*A	0.12523422	29	0.00431842	
Volea (B)	0.00614679	1	0.00614679	1.56
S* B	0.11441265	29	0.00394526	
Iluminación (C)	0.08979137	1	0.08979137	26.23*
S* C	0.09929178	29	0.00342385	
Velocidad de la pelota* Volea (A* B)	0.00556797	1	0.00556797	2.61
S*A* B	0.06183147	29	0.00213212	
Velocidad de la pelota* Iluminación (A* C)	0.00571146	1	0.00571146	2.72
S* A* C	0.06093196	29	0.00210110	
Volea* Iluminación (B* C)	0.00561837	1	0.00561837	1.74
S* B* C	0.09359095	29	0.00322727	
Velocidad de la pelota* Volea* Iluminación (A* B* C)	0.00262291	1	0.00262291	0.91
S* A* B* C	0.08403370	29	0.00289771	
Total	1.05527845	239		

Tabla 2. Variancia del RT con las diferentes velocidades, tipos de volea y niveles de iluminación (s). * $p < 0.05$.

Fuente	SS	df	MS	F
S	0.19710519	29	0.00679673	
Velocidad de la pelota (A)	0.04067969	1	0.04067969	20.85*
S*A	0.05657522	29	0.00195087	
Volea (B)	0.00098983	1	0.00098983	0.38
S* B	0.07569195	29	0.00261007	
Iluminación (C)	0.04471194	1	0.04471194	24.28*
S* C	0.05340871	29	0.00184168	
Velocidad de la pelota* Volea (A* B)	0.00003010	1	0.00003010	0.05
S*A* B	0.01931962	29	0.00066619	
Velocidad de la pelota* Iluminación (A* C)	0.00014137	1	0.00014137	0.41
S* A* C	0.00996674	29	0.00034368	
Volea* Iluminación (B* C)	0.00002220	1	0.00002220	0.01
S* B* C	0.04642442	29	0.00160084	
Velocidad de la pelota* Volea* Iluminación (A* B* C)	0.00081181	1	0.00081181	0.83
S* A* B* C	0.02834932	29	0.00097756	
Total	0.57422813	239		

Tabla 3. Variancia del PRT con las diferentes velocidades, tipos de volea y niveles de iluminación (s). * $p < 0.05$.

DISCUSION

Efectos de la Velocidad de la Pelota, el Tipo de Volea y la Iluminación Sobre el RT

Este análisis tiene varias consecuencias. En primer lugar, el RT de los atletas fue más breve para las altas velocidades de pelota en comparación con las velocidades bajas. Esto probablemente se debe al hecho de que la mejor coordinación entre los procesos centrales y las contracciones musculares en un atleta bien entrenado aparecerá cuando se incremente la velocidad de la pelota que llega. Este resultado concuerda con estudios previos; Williams y MacFarlane (1975) reportaron que el RT en estudiantes universitarios masculinos disminuyó con el incremento en la velocidad de la pelota para los

golpes de volea. Las simulaciones numéricas de Liu (2001) también mostraron que el RT de jugadores de fútbol disminuyó cuando se incrementó la velocidad de la pelota que llegaba.

En este estudio el valor de RT de las voleas de derecha fue más breve que las de revés, pero no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los RT de los diferentes tipos de volea. Andrew (2003) mostró un RT significativamente más breve para la volea de derecha (14 ms) en comparación con la volea de revés, pero también se ha reportado el resultado contrario, es decir que la volea de revés fue más breve que la volea de derecha (John, 1999). Los diferentes resultados pueden ser causa de los diferentes niveles de rendimiento de los sujetos, diferencias en el arreglo de los objetivos a golpear y los tipos de movimientos utilizados para realizar los pasos.

Los valores del RT obtenidos con iluminación alta (luminosa) fueron más prolongados que los obtenidos con la iluminación baja (oscura). Martens et al. (1996) demostraron en un experimento de campo que la reducción del nivel de iluminación de la cancha, a menos de 200 lux, en el tenis provoca una disminución significativa en la precisión de los golpes/tiros de los jugadores (reducción del 25% en la cantidad de golpes conectados en un test con máquina de pelotas). Con el incremento en los niveles de iluminación, a más de 400 lux (hasta 900 lux), se determinó una tendencia general hacia una mayor cantidad de golpes conectados. En el presente estudio, las iluminaciones fueron las suficientes para el rendimiento (iluminación alta: 55635 lux, iluminación baja: 336 lux).

Los valores de RT obtenidos con diferentes niveles de iluminación fueron significativamente variados ($p < 0.05$). Tanto para la velocidad alta de la pelota como para la baja, el RT fue más rápido en la LI en relación a las mediciones de HI. Este resultado puede estar relacionado directamente con el nivel de atención requerido para completar los tests en cada conjunto de condiciones. Los participantes debieron prestar más atención en los niveles de LI que en la situación de HI. Owings et al. (2003), quienes demostraron que los valores del RT fueron significativamente breves cuando los sujetos se encontraban en una condición de atención completa en comparación con los sujetos cuya atención era interrumpida, han estudiado la influencia de la atención sobre los tiempos de respuesta en relación a la atrapada en béisbol. Una limitación del presente estudio es que no se analizó el nivel de atención, ya que quizás la atención de los jugadores se vio interrumpida o quizás existe un efecto circadiano del momento del día.

Fuente	SS	df	MS	F
Velocidad de la pelota (A)	7.6291004E-6	1	7.6291004E-6	0.02
S* A	0.01435372	29	0.00049496	
Volea (B)	0.00001215	1	0.00001215	0.04
S* B	0.00998857	29	0.00034443	
Iluminación (C)	0.00142686	1	0.00142686	3.89
S* C	0.01063019	29	0.00036656	
Velocidad de la pelota* Volea (A* B)	0.00034991	1	0.00034991	1.24
S* A* B	0.00816032	29	0.00028139	
Velocidad de la pelota* Iluminación (A* C)	0.00017577	1	0.00017577	0.42
S* A* C	0.01208792	29	0.00041682	
Volea* Iluminación (B* C)	0.00039273	1	0.00039273	1.02
S* B* C	0.01120045	29	0.00038622	
Velocidad de la pelota* Volea* Iluminación (A* B* C)	0.00076752	1	0.00076752	2.35
S* A* B* C	0.00945517	29	0.00032604	
Total	0.10048447	239		

Tabla 4. Variancia del MRT con las diferentes velocidades, tipos de volea y niveles de iluminación (s).

El RT medido fue más rápido para las velocidades altas de la pelota. En términos de la psicología humana, las diferentes velocidades de la pelota podrían interpretarse de manera potencial como estímulos dispares (Pianta y Kalloniatis, 1998). Con la intensidad del estímulo incrementada asociada a las altas velocidades de la pelota, el RT simple disminuyó.

Efectos de la Velocidad de la Pelota, los Tipos de Volea y las Iluminaciones sobre el PRT

Este resultado es consecuente con los estudios de Pan et al. (2001) y Ma y Trombly (2004) que demostraron que el cambio en el RT se debió al cambio en el PRT. Los participantes prestaron más atención y esto aceleró el procesamiento central de la información cuando las pelotas se acercaban a alta velocidad. Los valores de PRT medidos bajo diferentes condiciones

de iluminación variaron de manera significativa ($p < 0.05$), el PRT para los golpes de volea tanto a velocidad alta como a velocidad baja fue más rápido en la condición LI que en la condición HI. Davranche et al. (2006) hallaron que el PRT promedio fue más extenso con una intensidad visual externa débil que con una intensidad visual fuerte. El ejercicio previo afectó de manera negativa a los procesos premotores en condiciones de intensidad visual débil. Las fibras del nervio óptico descargan con más facilidad y mayor frecuencia en respuesta al estímulo luminoso (Hartline y Graham, 1932). La intensidad visual de una pelota de tenis amarillo fluorescente fue más fuerte en la condición LI que en la condición HI, y por lo tanto el PRT fue más rápido en la condición LI.

Además, al pelota de tenis de color amarillo brillante en la cancha bajo la condición LI (valor de contraste = 19.8%; Ecuación 1) tuvo un valor de contraste más alto que en la cancha bajo la condición HI (valor de contraste = 8%; Ecuación 1), lo que llevó a los participantes a identificar la pelota en un PRT más breve.

Por lo tanto, los niveles más altos de atención en la condición LI junto con el contraste de la pelota con la cancha puede facilitar el proceso de identificación del estímulo.

Efectos de la Velocidad de la Pelota, los Tipos de Volea y las Iluminaciones sobre el MRT

Este resultado reveló que el tiempo de transmisión del impulso desde el sistema nervioso central hasta el deltoides de un atleta bien entrenado es relativamente estable, sin importar el cambio en las velocidades de la pelota, los tipos de volea y las iluminaciones. En todo caso, los niveles de PRT son lo suficientemente sólidos para compensar las alteraciones menores en el MRT (Sheridan, 1984). No fue un resultado inesperado que el reclutamiento de las unidades motoras de un atleta sea sincrónico en lugar de asíncrono en respuesta a una exigencia de movimiento bastante rápido (Evarts, 1979). Los participantes del estudio eran especialistas en educación física que poseían variadas especialidades atléticas pero pocas condiciones físicas equivalentes; en este grupo, no fue evidente ninguna diferencia significativa en el MRT. Pan et al. (2001), Davranche et al. (2006) y Lines et al. (1984) también hallaron que la intensidad de la señal no influyó el tiempo motor.

Martens et al. (1996) demostraron en un experimento de campo que la reducción del nivel de iluminación de la cancha a menos de 200 lux en el tenis provoca una disminución significativa en la precisión de los golpes/tiros de los jugadores (reducción del 25% en la cantidad de golpes conectados en un test con máquina de pelotas).

Con niveles incrementados de iluminación, más de 400 lux (hasta 900 lux), se determinó una tendencia general hacia una mayor cantidad de golpes conectados. Campbell et al. (1987) expresaron el mismo punto de vista. En el presente estudio, los participantes realizaron movimientos de volea con destreza en diferentes situaciones más allá del nivel de iluminación de 200 lux, pero se observaron los mismos parámetros relacionados con el RT (Martens et al., 1996).

CONCLUSION

El RT y el PRT para las velocidades altas de la pelota fueron más rápidos que para las velocidades bajas de la pelota. Los valores de RT y PRT en LI fueron más rápidos que en HI. El MRT no varió de manera significativa bajo ninguna de las condiciones experimentales. La duración del RT se vio influenciada principalmente por la velocidad del procesamiento central de la información y el tiempo de proceso periférico permaneció estable. La velocidad de la pelota y los niveles de iluminación fueron los principales factores que afectaron la duración del RT. Los resultados sugieren con solidez que el PRT dominó los cambios en el RT; en vista de esta correspondencia, queda claro que la habilidad para sentir el estímulo visual se puede mejorar mediante el entrenamiento y la práctica adecuados.

Puntos Clave

- En general, el RT puede dividirse en dos componentes con la ayuda de la señal de electromiograma (EMG) - el tiempo de reacción premotor (PRT) y el tiempo de reacción motor (MRT).
- El propósito del presente estudio ha sido analizar los efectos de la velocidad de la pelota, el nivel de iluminación de la cancha y el tipo de volea en el tiempo de reacción (RT) de un atleta de tenis para golpes de volea.
- Los resultados sugieren con solidez que el PRT dominó los cambios en el RT; en vista de esta correspondencia, queda claro que la habilidad para sentir el estímulo visual se puede mejorar mediante el entrenamiento y la práctica adecuados.

Agradecimientos

El plan del Consejo Nacional de Ciencia, Taiwan, R. O. C. (NSC 97-2410-H-153-018-) patrocinó los principales equipamientos y gastos.

REFERENCIAS

1. Adrian, E.D. and Matthews, R (1928). The action of light on the eye Part III. The interaction of retinal neurones. *Journal of Physiology* 65, 273-298
2. Andrew, D.P.S.C., Knudson, D.V. and Tillman, M.D (2003). Effect of ball size on player reaction and racket acceleration during the tennis volley. *Journal of Science and Medicine in Sport* 6, 10
3. Boyce, P.R (1973). Age, illumination, visual performance and preference. *Lighting Research Technology* 5, 125-144
4. Campbell, F.W., Rothwell, S.E. and Perry, M.J (1987). Bad light stops play. *Ophthalmic and Physiological Optics* 7 (2), 165-167
5. Cheng, S.M (2006). Effects of gender difference, age level and stimulus-response compatibility on the reaction time and movement time of returning serve for table tennis. *National Pingtung University of Education, Ping Tung, Taiwan. Master Thesis. (In Chinese: English abstract)*
6. Chow, J.W., Carlton, L.G., Chae, W.S., Shim, J.H., Lim, Y.T. and Kuenster, A. F (1999). Movement characteristics of the tennis volley. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31(6), 855-863
7. Davranche, K., Burle, B., Audiffren, M. and Hasbroucq, T (2006). Physical exercise facilitates motor processes in simple reaction time performance: An electromyographic analysis. *Neuroscience Letters* 396, 54-56
8. Evarts, E.V (1979). Brain mechanisms of movement. *Scientific American* 241(3), 10
9. Hartline, H.K. and Graham, C.H (1932). Nerve impulses from single receptors in the eyes. *Journal of Cell Comp Physiology* 1, 277-295
10. Jafarzadehpur, E. and Yarigholi, M.R (2004). Comparison of visual acuity in reduced luminance and facility of ocular accommodation in table tennis champions and non-players. *Journal of Sports Science and Medicine* 3, 44-48
11. John, W., Chow, L.G.C., Chae, W.S, Shim, J.H., Lim, Y.T. and Kuenster, A.F (1999). Movement characteristics of the tennis volley. *Sports Exercise* 31, 855-863
12. Knudson, D (2009). Significant and meaningful effects in sports biomechanics research. *Sports Biomechanics* 8(1), 96-104
13. Lines, C.R., Rugg, M.D. and Milner, A.D (1984). The effect of stimulus intensity on visual evoked potential estimates of inter-hemispheric transmission time. *Experimental Brain Research* 57, 9
14. Lin, Q.H (2001). Programming for Motor Control. *Taipei: Wen Shi Zhe*
15. Liu, C.K (2001). Reaction time of college football players in a simulated situation. *Journal of Physical Education in Higher Education* 3(2), 35-46
16. Liu, C.K (2002). Reaction time of college woman volleyball players in a simulated situation. *Journal of National Cheng Kung University Physical Education Research* 7, 1-17
17. Ma, H.I. and Trombly, C.A (2004). Effects of task complexity on reaction time and movement kinematics in elderly people. *American Journal of Occupational Therapy* 58, 150-158
18. Magill, R.A (2007). Motor learning and control: concepts and applications. 8th edition. McGraw-Hill, New York
19. Martens, O., Jendrusch, G. and Heck, H (1996). The influence of illumination conditions in tennis. *International Journal of Sports Medicine* 17(Suppl. 1), S58
20. Owings, T.M., Lancianese, S.L., Lampe, E.M. and Grabiner, M.D (2003). Influence of ball velocity, attention, and age on response time for a simulated catch. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35(8), 1397-1405
21. Pianta, M.J. and Kalloniatis, M (1998). Characteristics of anisometric suppression: simple reaction time measurements. *Perception Psychology* 60(3), 491-502
22. Pan, H.K., Chen, C.L., Hung, T.M. and Fong, D.Y (2001). The comparison of auditory reaction time and event-related potential between sprinters and non-athletes. *Physical Education Journal* 30, 323-331
23. Shim, J., Chow, J.W., Carlton, L.G. and Chae, W.-S (2005). The use of anticipatory visual cues by highly skilled tennis players. *Journal of Motor Behavior* 37(2), 164-175
24. Sheridan, M.R (1981). Response programming and reaction time. *Journal of Motor Behavior* 13, 161-176
25. Sheridan, M.R (1984). Response programming, response production, and fractionated reaction time. *Psychological Research* 46, 33-47
26. Schmidt, R.A. and Wrisberg, C.A (2004). Motor learning and performance. *Champaign: Human Kinetics*
27. Su, W.C (2006). Effects of different response sets and stimulus-response compatibility on the reaction time and movement time of returning serve for table tennis. *National Pingtung University of Education, Ping Tung, Taiwan. Master Thesis (In Chinese: English abstract)*
28. Tu, I. F (2008). The study of different velocities and illumination on the reaction time and movement time of college students tennis volley. *National Pingtung University of Education, Ping Tung, Taiwan. Master Thesis. (In Chinese : English abstract)*
29. Williams, L.R.T. and MacFarlane, D.J (1975). Reaction time and movement velocity in a high-velocity ball-catching task. *International Journal of Sport Psychology*, 6, 63-74

Cita Original

Jui-hung Tu, Yaw-feng Lin and Shu-chen Chin. The Influence of Ball Velocity and Court Illumination on Reaction Time for Tennis Volley. *Journal of Sports Science and Medicine* (2010) 9, 56 - 61.