

ESTUDIO DEL TIEMPO DE REACCIÓN ANTE ESTÍMULOS SONOROS Y VISUALES

Pérez-Tejero, J.; Soto-Rey, J.; Rojo-González, J. J.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte -INEF. Universidad Politécnica de Madrid.

RESUMEN

Tradicionalmente se ha aceptado que el tiempo de reacción (TR) ante estímulos sonoros es menor que ante estímulos visuales. Sin embargo, planteamos la hipótesis de que el TR ante estímulos visuales sea más rápido que ante estímulos sonoros, lo que cobra gran importancia en algunas pruebas deportivas. Se analizaron las diferencias en el TR electivo manual según estímulos sonoros y visuales en una muestra suficiente de sujetos físicamente activos, relacionando factores como el género, el nivel de práctica deportiva y el deporte practicado. El diseño del estudio fue de tipo correlacional, participando 80 voluntarios, con una edad media de 22.6 ± 3.7 años. Para la medición del TR se utilizó el programa SuperLab®, comparándose el TR ante estímulos visuales y sonoros por cada sujeto participante. Los resultados obtenidos muestran que el TR medio fue significativamente menor ante estímulos visuales que ante estímulos sonoros. Así mismo, los varones presentaron un TR significativamente más corto que las mujeres para el TR visual, no siendo significativas estas diferencias para el estímulo auditivo. No se registraron diferencias significativas según estímulo para el resto de factores estudiados. Finalmente se presentan sugerencias de futura indagación en base a los hallazgos obtenidos.

Palabras clave: tiempo de reacción, estímulo visual, estímulo sonoro, deporte

ABSTRACT

Traditionally, it has been accepted that the reaction time (RT) is slower to sound stimuli than to visual stimuli. However, we hypothesized that the response to visual stimuli is faster than sound stimuli, which takes importance in some sporting events. We analyzed the differences in the elective manual RT as audio and visual stimuli in a sufficient sample of physically active subjects in relation to factors such as gender, level of sport and sport practice. The study design was correlational, involving 80 volunteers with a mean age of 22.6 ± 3.7 years. To measure RT, SuperLab® was used, comparing RT with visual and audio stimuli for each individual participant. The results show that mean RT was shorter for visual stimuli than for auditory stimuli, and statistical differences were found. Men showed significant shorter mean RT than women for visual stimuli, with no statistical significant decrease for the auditory stimuli. There were no significant differences according stimuli for the rest of factors studied. Finally, future research directions are indicated on the basis of these findings.

Key Words: reaction time, visual stimulus, auditory stimulus, sport

Correspondencia:

Javier Pérez-Tejero
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte -INEF.
Universidad Politécnica de Madrid.
C/ Martín Fierro n.º 7, Planta 4.ª 28040 Madrid
j.perez@upm.es

Fecha de recepción: 2/11/2011

Fecha de aceptación: 14/12/2011

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo va encaminado al estudio del tiempo de reacción (TR), una faceta muy importante en el entrenamiento y rendimiento deportivo, así como la influencia del estímulo visual y auditivo en él. Son numerosos los autores que han definido TR con pequeñas diferencias entre ellos (Woodworth y Scholoberg, 1954; Drouin y Larivière, 1974; Karpovitch, en Drouin y Larivière, 1974; Bernia, 1981; Clarke y Glines, 1962, en Martínez, 2003), viniendo a indicar todas ellas, de una u otra forma, que el TR es aquel que transcurre entre la aparición del estímulo y la realización de la respuesta. Roca (1983) define el TR como el que transcurre desde el inicio de un estímulo elicitor y el inicio de la respuesta del sujeto. Tudela (1989) precisa el TR como la cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente.

Son varios los factores que influyen sobre el TR, éstos se pueden englobar en aquellos relacionados con factores dependientes del sujeto y aquellos relacionados con el estímulo, además de los correspondientes al sistema aferente de percepción elaboración y sistema de respuesta. Entre los primeros encontramos el estado físico, calentamiento, fatiga, motivación, etc., miembro corporal con el que se realiza la respuesta y otras características como la edad, género, sustancias administradas (como la cafeína o medicamentos), tipo de deporte y nivel de deporte (Henry y Rogers, 1960; Sage, 1977; Roca, 1983). Entre los factores relacionados con el estímulo podemos indicar las características físicas del estímulo, posición inicial, medio de transmisión del estímulo, intensidad del estímulo, anteperiodo, complejidad del movimiento o influencia del color en el estímulo. Respecto a los factores neurológicos que influyen sobre el TR podemos indicar el órgano receptor, la longitud de la vía sensorial, el tipo de axones o el número de sinapsis (Guyton, 1997; Cardinali, 2007). En la bibliografía se puede encontrar varios autores que defienden la idea de que la respuesta ante un estímulo auditivo es más rápida que ante otro tipo de estímulo y más concretamente que ante un estímulo visual. Marshall, Talbot, y Ades (1943, en Ashoke, Shikha, y Sudarsan, 2010) publicaron que el estímulo auditivo tardaba de 8 a 10 milisegundos (ms) para llegar al cerebro mientras el estímulo visual registró 20-40 ms. Sage (1977, en Roca, 1983) ordenó los órganos de los sentidos en función de la rapidez de la respuesta motora ante su activación, indicando el siguiente orden: audición, tacto, visión, dolor, gusto y olfato. Davis (1957, en Roca, 1983) nos dice que, en caso de un estímulo auditivo, el impulso era captado en el contexto cerebral al cabo de 8-9 ms, mientras con un estímulo visual se tardaba de 20 a 30 ms. Para Cardinali (2007), en condiciones óptimas de atención, existen más de 200 ms de latencia ante un estímulo sensorial que desencadena una respuesta motora. Este tiempo es más largo para los estímulos visuales que para los auditivos o

propioceptivos, debido al mayor número de sinapsis en la vía visual. Ashoke et al. (2010) en sus estudios mostraron que los valores medios del TR auditivo fueron los más bajos significativamente y los de TR táctil los más altos de todos los grupos.

Las dos vías sensoriales, tanto visual como auditiva, tienen el mismo tipo de axón (tipo I de las fibras A α y tipo II de las fibras A β) y con la misma velocidad de conducción aproximada (30-120 m/s) variando la distancia recorrida del estímulo y número de sinapsis (Guyton, 1997; Cardinalli, 2007). La vía auditiva tiene mayor número de sinapsis que la vía visual: en la vía auditiva, tras la transducción de las células receptoras, en el órgano de Corti, la señal pasa al ganglio espiral, núcleos cocleares y desde aquí a los núcleos trapezoides, la oliva metencefálica, núcleo dorsal del lemniscus lateralis, núcleo tectal inferior, núcleo geniculado medial y la corteza auditiva primaria, siendo todas estas sinapsis de tipo químico. Sin embargo, la vía visual presenta dos sinapsis eléctricas, entre los receptores y células horizontales y bipolares, y tres sinapsis químicas que se establecen a nivel de las células ganglionares, núcleo geniculado lateral y corteza estriada. Por cada sinapsis química se registra un retraso de 0.5 ms, mientras en la eléctrica no se registra ninguna pérdida temporal (Guyton, 1997; Cardinalli, 2007; Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, Lamantia, Mcnamara y Williams, 2007). Por todo lo anterior, creemos que el estímulo visual debe ser más rápido que el auditivo, supuesto objeto de este estudio. El cerebro necesita un periodo mínimo de captación del estímulo visual de 60-70 ms (García, Tavera, y Liras, 2004) para poder así interpretar, y posteriormente establecer la respuesta y ejecutarla, lo que junto a la fiabilidad del instrumento utilizado, daría lugar al TR. En relación a la localización segmentaria de la respuesta motora, se puede clasificar el TR en «tiempo de reacción corporal» (del miembro inferior o de cualquier otra parte del cuerpo) o «tiempo de reacción manual» (de las manos); mientras que en función del número de alternativas o estímulo-respuesta posibles se suelen clasificar como «tiempo de reacción simple» y si son más de una «tiempo de reacción electiva» (Martínez, 2003). En la actividad deportiva tiene importancia el TR, siendo fundamental un TR corto en pruebas deportivas de velocidad, en las que como respuesta a un estímulo, normalmente acústico, se origina un TR simple que puede establecer una ventaja difícil de recuperar entre deportistas con TR más corto y de mayor duración (Henry, 1952), siendo un componente relevante de las pruebas de velocidad (Fernández, 2010).

Por ello, en publicaciones referentes al entrenamiento deportivo con frecuencia se utiliza el término «velocidad de reacción» en lugar de TR (Fernández, 2010). Según Sage (1977), el promedio del TR auditivo, que acostumbra a ser el más rápido según este autor, se mueve alrededor de las 170 ms y por tanto, las latencias por debajo de este valor en cualquier modalidad sensorial pueden considerarse

anticipatorias. Sin embargo, estudios más recientes y que fundamentan las salidas en atletismo de alto nivel, indican que dicho tiempo de latencia puede ser de 100 ms (IAAF, 2003) o incluso menores (Pain y Hibbs, 2007; Fernández, 2010). Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue analizar las diferencias entre el TR ante un estímulo visual y ante un estímulo sonoro en una muestra suficiente de sujetos físicamente activos.

MÉTODO

La metodología utilizada en este estudio fue de tipo correlacional, comparando los resultados del TR, según vía sensitiva visual y auditiva, en una muestra suficiente de sujetos físicamente activos. Tras ello, se evaluaron las diferencias según los factores género, nivel de competición y tipo de práctica deportiva.

Participantes

En el estudio participaron 80 voluntarios, todos ellos estudiantes la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte - INEF de la Universidad Politécnica de Madrid, con edades comprendidas entre 18 y 35 años ($x 22.6 \pm 3.7$ años). Todos ellos eran sujetos sanos, habían dormido un tiempo suficiente, y no habían tomado sustancias excitantes o depresoras que pudieran alterar su respuesta, salvo un sujeto, que fue excluido del estudio por haber tomado betabloqueantes. Por ello, la muestra final fue de 79 sujetos, de los cuales 59 fueron hombres (74%) y 20 mujeres (26%). La muestra se obtuvo por el procedimiento de selección aleatoria (Thomas y Nelson, 2007) mediante difusión del proyecto en los puntos informativos de la Facultad. Se determinó una proporción de género en la muestra lo más cercana a la real para el actual curso académico, que es de aproximadamente un 30% de mujeres sobre el total, con el objeto de obtener una muestra representativa de la población de estudiantes de la facultad. Todos los participantes fueron previamente informados sobre la hipótesis planteada y de los objetivos del mismo, así como cuándo y cómo podrían informarse de los resultados obtenidos, dando su consentimiento para la realización de las pruebas.

Material

Se utilizó una hoja de registro codificada, diseñada al efecto de recoger los datos de cada sujeto: género, edad, deporte que practica, deporte en el que compete, tiempo que lleva compitiendo en el deporte, si toma alguna medicación, si ha consumido alguna bebida energética, si ha consumido algún tipo de sustancia que pueda alterar al estudio de TR, número de horas de sueño que realiza diariamente y horas de sueño que disfrutó el día en que se realizaron las pruebas. También en esta

hoja se registraban los datos de TR. Para medir el TR, la variable principal de nuestra investigación, se utilizó el programa informático «SuperLab Pro»[®], versión 2.0. Su principal ventaja es que permite al propio investigador diseñar la tarea en función de los objetivos de su trabajo, registrando todos y cada uno de los tiempos correspondientes a los ensayos, incluso los tiempos de los descansos y de las instrucciones en función de los intereses del investigador. Según el manual del fabricante de este programa (SuperLab Pro, 2008), la fiabilidad para el teclado tiene una desviación estándar de ± 0.033 ms. El programa registra el tiempo empleado por el sujeto en responder a cada uno de los estímulos y los exporta y almacena en una hoja de cálculo, generando un dato de TR registrado y exportado en tiempo real. Para el registro de los datos se utilizó un ordenador portátil modelo ASUS Eee PC 1005 con una pantalla de 10.1 pulgadas (1024 x 600 píxeles).

Procedimiento

La toma de datos se realizó en unas condiciones idóneas para la realización de las pruebas. El contexto experimental fue un lugar tranquilo, una mesa y una silla donde el sujeto estuviera cómodo frente al ordenador e iluminación adecuada sin llegar a deslumbrar. El sujeto en posición de sentado se encontraba frente a la pantalla del ordenador, situando a unos 40 cm., con el pulsador algo más próximo, a una distancia de 30 cm. En nuestro estudio, cada sujeto realizó todo el proceso de medición en una única sesión. A pesar de que las instrucciones para la realización de la prueba aparecían por escrito en la pantalla del ordenador, cada sujeto, antes de comenzar el experimento, recibió las instrucciones e información referente a la tarea que debía realizar, insistiendo en que la respuesta debía ser lo más rápida posible tras la aparición del estímulo, y se les permitió un ensayo previo para familiarizarse con el protocolo y asegurarnos que la explicación había sido comprendida. Posteriormente rellenaron la hoja de registro y a continuación realizaron el experimento, consistente en ocho estímulos, con cuatro visuales y otros cuatro sonoros, intercalados de forma aleatoria y con un tiempo variable entre dichos estímulos, previamente fijado por el investigador.

La respuesta motora, al aparecer el estímulo, consistió en presionar la tecla «B» del teclado del ordenador, con el dedo índice de la mano dominante que previamente se colocaba sobre dicha tecla, para evitar variaciones en el recorrido hacia el teclado o en la identificación de la tecla. La duración aproximada del experimento fue de unos 5 minutos. Durante la toma de datos, la colocación del experimentador y otros detalles fueron cuidados para evitar que se produjeran anticipaciones o pérdidas de atención. El experimentador se colocaba detrás del aparato, fuera de la vista del sujeto cuidando en todo momento que no se produjera ruido ambiente, mante-

niendo uniforme el contexto experimental. El investigador anotaba el orden del registro y tiempos de reacción de cada uno de los ensayos. Para el estímulo visual se empleó un círculo verde, de diámetro de 5.50 cm que aparecía sobre el fondo blanco de la pantalla de manera que el contraste fuera máximo. El fondo de la pantalla se mantenía en blanco y el sujeto debía responder al estímulo de color verde que, en forma de un círculo, aparecía sobre el fondo. Debido a que el TR puede variar en función de si el estímulo se produce en el punto de fijación de la mirada del sujeto o se produce más alejado de éste punto, se decidió que todos los estímulos lumínicos, previamente diseñados en la presentación utilizada, deberían estar a la misma distancia del centro de la pantalla. En cuanto al estímulo auditivo, se introdujo el sonido digitalizado de una bocina con una intensidad de 92.4 decibelios, medido con un sonómetro.

Análisis de datos

Con el fin de analizar la distribución de los datos y su normalidad, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnof. Dicha prueba arrojó resultados de normalidad para cada una de las variables analizadas, por lo que en el estudio se aplicó estadística paramétrica. Como medidas descriptivas, para cada variable se calcularon el máximo, mínimo, media y la desviación estándar. Para el estudio del TR se utilizó el valor medio de los valores obtenidos usando la media recortada para cada sujeto y estímulo: de los cuatro registros de TR tomados para cada tipo de estímulo, fueron eliminados el mínimo y el máximo, dejando pues dos estímulos por cada vía estudiada (visual y sonora) y sujeto. Así se evitan así los posibles errores por cansancio, despiste, anticipación, etc. Para asegurarnos que los valores utilizados en el estudio, correspondientes a la media de las dos tomas centrales, se correspondían con los valores medios de las cuatro tomas de cada estímulo, se realizó una correlación de Pearson entre ambas muestras, obteniéndose una correlación de 0.967 ($p < 0.001$) para las medias de estímulos visuales y de 0.929 ($p < 0.001$) para las medias de los estímulos sonoros. Por ello, el resto de los análisis se realizaron con los valores correspondientes a la media de los valores centrales. Los resultados son indicados teniendo en cuenta el tipo de estímulo (visual y auditivo), género, tipo de deporte (deportes individuales y colectivos) y nivel deportivo (si el sujeto compite o no). La evaluación del TR según el estímulo aplicado se realizó una prueba T para muestras relacionadas, y para evaluar las posibles diferencias según factor, se realizó la prueba T de Student para la comparación de medias para muestras independientes. Para todos estos tratamientos fue utilizado el paquete estadístico SPSS 18.0 (Chicago, IL, EEUU). Los niveles de significación fueron establecidos para un $\alpha > 0.05$, indicando el valor de p en cada caso.

RESULTADOS

En la muestra estudiada (n=79), los estímulos visuales arrojaron una media de 0.322 ± 0.064 s. (mínimo 0.195 y máximo 0.499 s.), mientras que los sonoros una media de 0.349 ± 0.083 s. (mínimo 0.195 y máximo 0.710 s.), no mostrando la prueba T diferencias significativas entre ambos estímulos ($t(78) = -2.67$; $p = 0.009$) siendo menor para el estímulo visual. En cuanto al género, se realizó una prueba T de muestras independientes, en la que solo se hallaron diferencias significativas respecto de los estímulos visuales ($t(77) = -2.65$; $p = 0.010$), lo que nos hace pensar que el TR puede estar influido por el género.

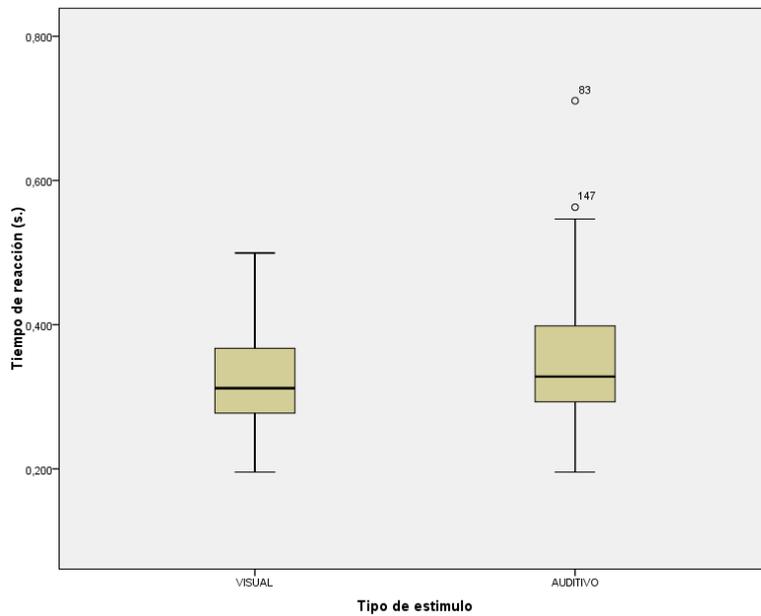


FIGURA 1: Resultados estadísticos descriptivos de cada estímulo en diagrama de cajas

TABLA 1
Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en TR según género (en s.)

Grupo	Genero	N	Media	Desviación típica	p
SuperLab Visual	Varón	59	0.311	0.060	0.010
	Mujer	20	0.354	0.067	
SuperLab Sonoro	Varón	59	0.343	0.086	0.340
	Mujer	20	0.364	0.074	

En la tabla 2, se puede observar que las medias de los TR son menores para los deportistas de deportes colectivos que para los de deportes individuales. El número de sujetos estudiados en este apartado es menor a los anteriores debido a que 3 de los 79 participantes no respondieron al deporte que practicaban habitualmente. Se compararon los grupos de deportistas practicantes de deportes colectivos y deportistas de deportes individuales, con una prueba T para la comparación de medias en muestras independientes, donde las diferencias no resultaron ser estadísticamente significativas.

TABLA 2
Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en TR
según el tipo de deporte (en s.)

Grupo	Tipo de deporte	N	Media	Desviación típica	p
SuperLab Visual	Colectivos	49	0.318	0.061	0.453
	Individuales	27	0.330	0.073	
SuperLab Sonoro	Colectivos	49	0.347	0.067	0.734
	Individuales	27	0.354	0.110	

En relación al nivel deportivo y su influencia sobre el TR, los resultados de comparación de medias nos hace pensar que los sujetos que compiten habitualmente tienen un TR visual y auditivo más bajo que los sujetos que no compiten, es decir, son más rápidos ante estímulos visuales y sonoros (tabla 3). No obstante, la prueba T para la igualdad de medias no indicó diferencias significativas entre ambos grupos.

TABLA 3
Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en TR
según si el sujeto compite o no (en s.)

Grupo	Nivel deportivo (Si el sujeto compite o no)	N	Media	Desviación típica	p
SuperLab Visual	Si	52	0.315	0.065	0.240
	No	27	0.333	0.062	
SuperLab Sonoro	Si	52	0.345	0.086	0.699
	No	27	0.353	0.078	

DISCUSIÓN

Somos conscientes que una hipótesis como la planteada en este estudio, que cuestiona una idea tradicional en relación al TR según estímulo visual y auditivo, puede resultar pretenciosa. Sin embargo, a la luz del marco teórico planteado, en base a la

necesidad del estudio del TR en los deportes, y la justificación anatómico - fisiológica de la transmisión nerviosa según tipo de estímulo, planteamos este original estudio. En nuestro caso, el análisis estadístico muestra diferencias significativas entre los estímulos visuales y sonoros ($p= 0.009$), siendo menor el TR ante el estímulo visual que ante el sonoro. Marshall et al. (1943, en Ashoke et al., 2010), Sage (1977, en Roca, 1983), Galilea (1983), Roca (1983), Cardinali (2007) y Ashoke et al. (2010) presentan resultados distintos a hallados en el presente estudio, afirmando que el estímulo sonoro tiene menor TR. Incluso, estudios similares han sido publicados por Galton (1899, en Ashoke et al., 2010) y Welford (1980, en Ashoke et al., 2010), donde mencionan que la media del TR auditivo varía entre los 140 a 160 ms, mientras el valor del TR visual oscila entre los 180 y 200 ms. Sorprendente para nosotros es la afirmación de Cardinali (2007), neurofisiólogo, indicando que el TR menor para los estímulos auditivos se debe al menor número de sinapsis existentes en la vía auditiva en referencia a la vía óptica, lo cual, en nuestra opinión, no es así, sino que, como se ha explicado en la introducción, las sinapsis que se establecen a nivel de la retina son en su mayoría de tipo eléctrico y entre la retina y la corteza estriada solo se establecen dos sinapsis. Otra cosa es la elaboración del estímulo y establecimiento de la respuesta a nivel cortical, en la que es posible que no haya diferencias en el número de sinapsis entre los dos estímulos ya que al estar los sujetos sobre aviso del tipo de estímulo y respuesta que se ha de realizar, no se precisa identificar las cualidades del estímulo. Igualmente, Guerrero (2006), menciona que, en función del estímulo que se reciba, los TR serán diferentes: auditivo 0.143 s., táctiles 0.157 s. y visual 0.194 s. Entendemos que el tiempo es más largo para los estímulos auditivos que para los visuales, y que, probablemente, esto se deba al mayor número de sinapsis en la vía auditiva. Esperamos que a partir de nuestro trabajo otros autores puedan confirmar nuestro resultado.

Según Sage (1977, en Roca, 1983), el promedio del TR auditivo que acostumbra a ser el más rápido, se mueve alrededor de las 170 ms. con dispersiones de 30 ms, y por tanto, las latencias por debajo de este valor en cualquier modalidad sensorial pueden considerarse anticipatorias. Sin embargo, estudios más recientes y que fundamentan las salidas en atletismo de alto nivel, indican que dicho tiempo de latencia puede ser de 100 ms (IAAF, 2003; Fernández, 2010) o incluso menores como los 85 ms que sugieren Pain y Hibbs (2007), considerando que los parámetros neurológicos y fisiológicos demuestran que el TR auditivo está por debajo de los 100 ms. Es una de las líneas de investigación que están abordando en la actualidad diversos especialistas en el tema que recomiendan a la IAAF abandonar la norma de las 100 ms como tiempo mínimo de reacción y bajarlo hasta los 80 ó 85 ms (Fernández, 2010). En nuestra opinión, esto puede deberse a que las condiciones de

medición de los trabajos de estos autores sean distintas y lo que se midiera no fuera el TR sino la respuesta de reacción. Sin embargo, hemos de decir que en nuestro estudio ninguno de los datos estuvo por debajo del tiempo de latencia aceptado en la bibliografía actual (Pain y Hibbs, 2007; Fernández, 2010), siendo el valor mínimo registrado de 0.172 s. para los estímulos visuales y 0.172 para los estímulos sonoros.

El género es otra de las variables que se relacionan con el TR (Roca, 1983). Se han encontrado diferencias con resultados de TR menores en hombres que las mujeres, siendo solo significativas para el estímulo visual. En la misma línea de nuestros resultados están las conclusiones de Henry y Rogers (1960) con varones y mujeres adolescentes. De igual forma Labajos (1987), Duarte, Costa, y Moura (2003) o Gursoy (2010) encontraron diferencias entre los valores de TR presentados entre individuos de género femenino y masculino, apuntando esas diferencias hacia un menor TR para los hombres, sea cual fuere su edad.

En cuanto al tipo de deporte practicado, en la muestra estudiada, se obtuvieron mejores resultados en las medias de los TR para los practicantes de deportes colectivos que los practicantes de deportes individuales, aunque la prueba «T» no muestra diferencias significativas entre los dos grupos para dicha variable. Parece no existir un consenso en relación a la variación del TR según el tipo de deporte, puesto que los resultados encontrados por los diferentes autores que se ocupan de esta problemática son contradictorios. Los resultados obtenidos en el presente estudio apuntan a que los practicantes en deportes colectivos reaccionan más rápidamente en tareas de TR (ver tabla 2), lo que estaría en consonancia con los resultados obtenidos por Alves (1985, en Duarte et al., 2003) y Tavares (1993, en Duarte et al., 2003).

Al analizar los resultados para los deportistas que compiten habitualmente frente a los que no lo hacen, aunque el TR es algo más corto en el grupo de deportistas que compiten, no encontramos diferencias significativas entre grupos (ver tabla 3), por lo que coincidimos con los estudios que afirman que los deportistas de mayor nivel tienen un TR más bajo (Galilea, 1983; Martínez, 2003), si bien debemos tener en cuenta que, en nuestra muestra, los deportistas que no compiten son físicamente activos.

En relación al estudio del TR según nivel deportivo, Nougier, Stein y Azemar (1990), utilizaron en esgrima una tarea general, no específica de este deporte, para comparar expertos y novatos, siendo los primeros mejores en todas las tareas. La complejidad de las tareas que utilizaron hace que parezca lógico que aquellos que tienen mayor experiencia en comprender las tareas, por su entrenamiento en este deporte, tiendan a realizar mejor las tareas complejas que se presenten en competición. Por otro lado, Pinillos (2010), en su investigación ha podido comprobar cómo el

entrenamiento continuado del karate permite mejorar el TR y que, a través de ellos, se puede mejorar, sin duda, la velocidad de anticipación del karateca. Asimismo, podemos contrastar estos estudios con la investigación de Duarte et al. (2003), donde afirman que la influencia del entrenamiento sobre el TR ha sido estudiada en población «normal» (entendida como población normal aquella sin deficiencias visuales) y parece evidente la influencia de la práctica deportiva sobre el TR, permitiendo acortar el tiempo que separa la presentación de un estímulo y la respuesta motriz al mismo (Whiting, 1979; Alves, 1990; Tavares, 1993; en Duarte et al., 2003). De la misma opinión son McLeod y Jenkins (1991, en Duarte et al., 2003), quienes afirman que el efecto de la práctica deportiva es factor determinante en la reducción del TR en atletas versus no atletas. También Whiting (1979, en Duarte et al., 2003) y Alves (1982, en Duarte et al., 2003) señalaron la influencia del entrenamiento deportivo sobre el TR, resultando en mejoras de centésimas o incluso décimas de segundo. Los estudios de Roca (1983), Plou (1991, en García, Martín, y Nieto, 1994), Alves (1985, en Duarte et al., 2003) y Tavares (1993, en Duarte et al., 2003), fueron muy pertinentes para poder determinar la importancia relativa que el TR para cada deporte, indicando que las habilidades visuales son entrenables y pueden mejorar el rendimiento del sistema visual para así transferirlo a la ejecución deportiva. Investigaciones llevadas a cabo por autores como Westerlund y Tuttle (1931, en Martínez, 2003), encontraron que los sujetos de alto rendimiento deportivo en atletismo tenían TR más cortos que atletas de distancia corta, media y larga que no eran campeones nacionales. Las conclusiones de Keller (1942, en Martínez, 2003) van en la misma dirección, los deportistas con éxito deportivo tienen menor TR corporal. Por otro lado, McLeod y Jenkins (1991, en Duarte et al., 2003), mostraron el efecto de la práctica deportiva como factor determinante en la reducción del TR en atletas versus no atletas. Whiting (1979, en Duarte et al., 2003) y a Alves (1982, en Duarte et al., 2003) señalaron la influencia del entrenamiento deportivo en el TR, resultando las mejoras de centésimas o incluso décimas de segundo. Según García et al. (1994), los especialistas en visión deportiva asumen que los deportistas tienen mejores habilidades visuales que los no deportistas, y los buenos deportistas mejores que los deportistas con peores resultados. Sin embargo, otros autores como Nougieret al. (1990) sugieren que, a pesar de haber verificado en sus estudios algunas diferencias en el TR relativo a la práctica deportiva, opinan que la disminución del TR, por sí misma, es un parámetro insuficiente para hacer estimaciones en relación al efecto de la práctica deportiva. Por lo tanto, el debate parece aun abierto, no pudiendo aportar conclusiones definitivas con nuestro estudio, ya que aunque el TR fue menor en el grupo de deportistas que compiten, las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Llegados a este punto, podemos afirmar que el hecho de haber demostrado que existen diferencias en el TR entre ambos estímulos, visual y sonoro, es un hecho que condiciona, por ejemplo, aspectos deportivos como las salidas en las pruebas de velocidad que se dan en los deportes individuales, como el atletismo, la natación o en los deportes de combate. Son muchos los deportes en los que el TR juega un importante papel, de modo que un ínfimo descenso del TR puede hacer que se consiga el objetivo deseado. En estos movimientos rápidos el TR es una fase que tiene una duración, y que puede hacer que se llegue tarde al objetivo, especialmente, pensemos por ejemplo, en deportistas con discapacidad auditiva. Por ese motivo, creemos que se hace necesario desarrollar sistemas de salida con estímulos visuales en lugar de sonoros para atletas sordos que les permitan a éstos últimos competir en situaciones de igualdad con atletas sin discapacidad, siendo para nosotros una de las líneas de investigación para el futuro.

CONCLUSIONES

Podemos destacar que en la muestra estudiada que el TR ante estímulos visuales fue menor que ante estímulos sonoros, cumpliéndose la hipótesis planteada en este estudio. Parece ser que el género influye en el TR ante estímulos visuales, siendo menor para varones que para mujeres, si bien no se obtuvieron diferencias significativas ante estímulos auditivos. Tampoco se obtuvieron diferencias significativas al comparar practicantes de deportes colectivos y de deportes individuales, ni en relación a sujetos que compiten y aquellos que no lo hacen.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Centro de Estudios sobre Deporte Inclusivo (CEDI).

REFERENCIAS

- Ashoke, B., Shikha, D. y Sudarsan, B. (2010). El tiempo de reacción en relación a la naturaleza de los estímulos y a la edad en hombres jóvenes. *Journal of Sport and Health Research*, 2 (1), 35-40.
- Bernia, J. (1981). *Tiempo de reacción y procesos psicológicos*. Valencia: Nau Llibres.
- Cardinali, D.P. (1997). *Manual de Neurofisiología* (7ª ed). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Drouin, D. y Larivière, G. (1974). Le temps de réaction et le temps de mouvement des gardiens debuts. *Mouvement*, 9, 21-25.
- Duarte, A.M., Costa, C. y Moura, J.A. (2003). Tiempo de reacción en individuos, practicantes y no practicantes de actividad deportiva. *Integración. Revista sobre ceguera y deficiencia visual*, 41, 7-14.
- Fernández, O. (2010). Historias de los tiempos de reacción. *Atletismo Español*, 635, 60-61.

- Galilea, B. (1983). Tiempo de reacción y deporte: una aproximación empírica. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 20, 119-123.
- García, M.T., Martín, Y. y Nieto, A. (1994). *Visión Deportiva*. Madrid: Colegio Nacional de Ópticos - Optometristas, Comisión de Cultura.
- García, G., Tavera, J. y Liras, V. (2004). *Influencia del color en el tiempo de reacción*. Centro Optometría Internacional.
En: <http://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/3/Influencia%20del%20color%20en%20el%20tiempo%20de%20reacci%C3%B3n.pdf>. Consultado el 6 de Abril de 2011.
- Guerrero, R.R. (2006). *Visión deportiva*. Sevilla: Wanceulen.
- Gursoy, R. (2010). Sex differences in relations of muscle power, lung function, and reaction time in athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 110 (3), 714-720.
- Guyton, A.C. (1997). *Anatomía y fisiología del Sistema Nervioso: neurociencia básica* (2ªed.). Madrid: Médica Panamericana.
- Henry, F.M. (1952). Independence of reaction and movement times and equivalence of sensory motivators of faster response. *Research Quarterly*, 23, 43-53.
- Henry F.M. y Rogers, D.E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a «memory drum» theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- IAAF (2003). *Reglas de competición 2010-2011*.
En: http://www.iaaf.org/mm/Document/Competitions/TechnicalArea/05/08/88/20100108022132_httpostedfile_Competition_Rules_2010-2011_SP_17756.pdf. Consultado el 23 de Abril de 2011.
- Labajos, A. (1987). Aproximación científica al factor velocidad en escolares de 11 y 12 años de ambos sexos. *Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y del Deporte*, 43 (6), 59-81.
- Martínez, O. (2003). *El tiempo de reacción visual en el kárate*. Tesis no publicada, Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior Arquitectura, Madrid.
- Nougier, V., Stein, J.F. y Azemar, G. (1990). Covert orienting of attention and motor preparation processes as a factor success in fencing. *Journal of Human Movement Studies*, 19, 251-272.
- Pain, M.T.G. y Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of sports sciences*, 25 (1), 79-86.
- Pinillos, M. (2010). *La velocidad de anticipación: concepto clave en la psicología del karate*. Tesis no publicada, Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Educación, Madrid.
- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., Lamantia, A.S., Mcnamara, J.O., y Williams, S.M. (2007) *Neurociencia* (3ªed.). Madrid: Médica Panamericana.
- Roca, J. (1983). *Tiempo de reacción y deporte*. Barcelona: Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya.
- SuperLab Pro (2008). *Manual de SuperLab*.
En: <http://www.superlab.com/manual/superlab-manual.pdf>. Consultado el 25 de mayo de 2011.
- Thomas, J.R. y Nelson, J.K. (2007). *Métodos de investigación en actividad física*. Barcelona: Paidotribo.

Tudela, P. (1989). *Tiempo de reacción. Psicología Experimental* (4ª ed.). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Woodworth, R.S. y Schollosberg, H. (1954). *Tiempo de reacción. Psicología experimental* (2ª ed.). Buenos Aires: Eudeba.