

# TIEMPO DE REACCIÓN Y ACCIÓN VISUAL EN LABORATORIO Y CAMPO, EN ATLETAS DE KARATE Y TAEKWONDO

## TIME OF REACTION AND VISUAL ACTION IN LABORATORY AND FIELD IN KARATE AND TAEKWONDO ATHLETES

## TEMPO DE REAÇÃO E AÇÃO VISUAL EM LABORATÓRIO E CAMPO, EM ATLETAS DO KARATE E TAEKWONDO

Gustavo Ramón Suárez<sup>1</sup>  
Jorge Jaime Márquez Arabia<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Doctor en Educación Física. Grupo GRICAFDE, grupo B de Colciencias. Línea de Entrenamiento Deportivo. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: gustavo.ramon@udea.edu.co  
ORCID: 0000-0001-9785-590X
- <sup>2</sup> Médico Deportólogo. Grupo GRICAFDE, grupo B de Colciencias. Línea Actividad Física para la Salud. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: Jorge.marquez@udea.edu.co  
ORCID: 0000-0002-5994-1505

---

### Cómo referenciar

Ramón Suárez, G., & Márquez Arabia, J. J. (2020). Tiempo de recreación y acción audiovisual en el laboratorio y campo, en atletas de karate y taekwondo. *Educación Física y Deporte*, 39(2), 177-205. <https://doi.org/10.17533/udea.efyd.v39n2a08>

---

© Autores.



Esta obra está bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue correlacionar el tiempo de reacción (TR) y el tiempo de acción (TA) de pruebas de laboratorio y de campo en karatecas y taekwondokas. Se evaluaron 50 deportistas con al menos un año de experiencia deportiva. La medición del TR y TA se hizo a través de la videografía con cámaras Casio Exilim® de 240 fps. Como procedimiento estadístico se utilizó el coeficiente de Spearman con una significancia de 0,05. Los resultados mostraron que la mayoría de las pruebas de laboratorio (75%) guardaron una correlación significativa con valores entre 0,2 y 0,7. Se concluye que se justifica realizar pruebas de laboratorio para control del tiempo de reacción y de acción, en deportes como el taekwondo y el karate.

**PALABRAS CLAVE:** deporte, tiempo de acción, tiempo de reacción.

## ABSTRACT

The objective of the present research was to correlate the reaction time (TR) and the action time (TA) of laboratory and field tests in karate and taekwondo athletes. Fifty athletes with at least one year of sports experience were evaluated. The TR and TA measurement was made through videography with CASIO EXILIM® 240 fps cameras. The Spearman coefficient with a significance of 0.05 was used as the statistical procedure. The results showed that most of the laboratory tests (75%) kept a significant correlation with values between 0.2 and 0.7. It is concluded that laboratory tests to control reaction and action time are justified in sports such as taekwondo and karate.

**KEYWORDS:** Sport, action time, reaction time.

## RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi correlacionar o tempo de reação (TR) e o tempo de ação (AT) de testes laboratoriais e de campo em karatecas e taekwondokas. Foram avaliados 50 atletas com pelo menos 1 ano de experiência esportiva. A medição de TR e TA foi feita através de videografia com câmeras CASIO EXILIM ® 240 fps. Como procedimento estatístico utilizou-se o coeficiente de Spearman com significância de 0,05. Os resultados mostraram que a maioria dos exames laboratoriais (75%) mantiveram correlação significativa com valores entre 0,2 e 0,7. Conclui-se que testes de laboratório para controlar o tempo de reação e ação são justificados em esportes como taekwondo e karate.

**PALAVRAS-CHAVE:** esporte, tempo de ação, tempo de reação.

## INTRODUCCIÓN

Tiempo de reacción (TR) es aquel que transcurre entre la aparición de un estímulo y la realización de la respuesta (Brusque & Andrade, 2015; Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Robles, 2014). Se han realizado varias clasificaciones del TR. De acuerdo con el criterio sensorial de percepción del estímulo, puede ser visual, auditivo, táctil y kinestésico. En este sentido, Sigerseth y York (1954) estudian el TR óculo-manual y óculo-podal. En relación con la localización segmentaria de la respuesta motora, se puede clasificar en TR corporal (del miembro inferior o de cualquier otra parte del cuerpo) o TR manual (de las manos). Mientras que en función del número de alternativas o estímulo-respuesta posibles se suelen clasificar como TR simple, y si son más de una, TR electivo (Pérez-Tejero et al., 2011; Robles, 2014; Brusque & Andrade, 2015).

Según Núñez (2006), el TR inespecífico es el de un sujeto ante un estímulo que no es específico en su deporte, y ante el cual no ha entrenado una respuesta determinada; lleva implícita la falta de existencia de una huella mental específica para reaccionar ante dicho estímulo. En un estudio realizado con 201 deportistas, cuyo nivel de rendimiento osciló entre el alto y el bajo, que contó con 169 karatecas y 32 participantes de población general no practicante de karate, el TR no mostró diferencias significativas entre individuos entrenados y no entrenados (Robles, 2014).

Según la neuropsicología, el TR específico sería aquel en el que el sujeto ha desarrollado un arco nervioso ante los distintos elementos claves que considera como elementos de referencia que determinan la idoneidad para desarrollar la reacción entrenada (Robles, 2014). Se han realizado estudios en el ámbito de programas de aprendizaje en el TR (Abrahamse & Noordzij, 2011; Borysiuk & Sadowski, 2007; Le Runigo, Benguigui & Bardy, 2010), oculometría en artes marciales y estrategias visua-

les (Peñaloza, 2007), TR en esgrima (Martínez, López, Sillero & Saucedo, 2011; Borysiuk & Waskiewicz, 2008), TR en karate y taekwondo (Vences, Silva, Cid, Ferreira & Marques, 2011; Hernández & García, 2013), tiempo de ejecución de las técnicas (Hermann, Scholz, Vietnen & Kohloeffel, 2008) y TR y técnicas empleadas en judo (Lech, Jaworski, Lyakh, & Krawczyk, 2011; Deval, García & Fernández, 2009).

El TR es considerado por Brusque y Andrade (2015), Robles (2014) y Martínez (2003) como una cualidad que es casi independiente de las cualidades y/o capacidades físicas, como la fuerza, la velocidad, la antropometría, la maduración, entre otras, aunque se ha correlacionado con la frecuencia de movimientos y la fuerza manual. Los deportes de combate como el taekwondo y el karate han evolucionado en los últimos años y se ha resaltado la importancia del TR (Ríos, 2011). Este es crucial porque el rendimiento se basa esencialmente en técnicas explosivas y reacciones rápidas (Chaabene, Hachana, Franchini, Mkaouer & Chamari, 2012; James, Haff, Kelly & Beckman, 2016). En el taekwondo, respecto a la técnica, se destacan las acciones a la cara con giro y los intercambios de patada en el cuerpo a cuerpo. Esto hace que el deportista tenga que hacer hincapié en la mejora de su percepción para evitar dichos puntos (Ríos, 2011; Hernández & García, 2013). La diferencia entre los deportistas de alto nivel suele ser mínima, por lo que las acciones de esquiva o defensa de patadas están tomando relevancia en el taekwondo actual, lo que hace necesario el trabajo de reacción, como la reacción óculo-manual (Hernández & García, 2013).

Suárez (2010) sugiere medir en los entrenamientos de los deportistas el TR para poder establecer mejoras en un futuro. Para él, el entrenamiento del TR es necesario mezclado con los gestos específicos de cada deporte. Su práctica hará que, en el momento indicado, los deportistas sepan elegir correctamente los estímulos a los cuales reaccionar (Hernández & García, 2013; Suárez, 2010).

Los componentes del TR son: tiempo de procesamiento mental, tiempo de conducción del nervio aferente, tiempo de análisis de movimiento y tiempo de respuesta del dispositivo. Estos pueden afectarse por la edad, la condición de entrenamiento, el ritmo biológico y las condiciones de salud (Badau, Baydil & Badau, 2018; Sant'Ana, Franchini, da Silva & Diefenthaler, 2017). Algunos factores que influyen sobre el TR abarcan aquellos relacionados con elementos dependientes del sujeto, los relacionados con el estímulo y los correspondientes al sistema aferente de percepción, elaboración y sistema de respuesta. Entre los primeros encontramos el estado físico, el calentamiento, la fatiga, la motivación, el estado de hidratación, el miembro corporal con el que se realiza la respuesta y otras características como la edad, el género, la influencia genética, las sustancias administradas (como cafeína, alcohol o medicamentos) y el tipo y nivel de deporte (Pavelka et al., 2020; Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Robles, 2014; Santos et al., 2014).

Entre los factores relacionados con el estímulo se pueden indicar sus características físicas, su posición inicial, su medio de transmisión, su intensidad, la complejidad del movimiento o la influencia del color en él. Respecto a los factores neurológicos que influyen sobre el TR, se encuentran el órgano receptor, la longitud de la vía sensorial, el tipo de axones o la cantidad de sinapsis (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Robles, 2014). Ashoke, Shikha y Sudarsan (2010) reportan que el estímulo auditivo tardaba de 8 a 10 ms para llegar al cerebro, mientras el estímulo visual registró 20 a 40 ms. Los órganos de los sentidos se han ordenado en función de la rapidez de la respuesta motora ante su activación, indicando el siguiente orden: audición, tacto, visión, dolor, gusto y olfato. También se ha encontrado 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 (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011).

Se ha reportado que 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 (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Robles, 2014). Ashoke, Shikha y Sudarsan (2010) encontraron que los valores medios del TR auditivo fueron los más bajos y los de TR táctil los más altos de todos los grupos.

La vía visual tiene el mismo tipo de axón y la misma velocidad de conducción aproximada (30-120 m/s) que la auditiva, pero varía la distancia recorrida del estímulo y la cantidad de sinapsis (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011). La vía visual presenta dos sinapsis eléctricas, entre los receptores y las células horizontales y bipolares, y tres sinapsis químicas que se establecen en las células ganglionares, el núcleo geniculado lateral y la corteza estriada. Por cada sinapsis química se registra un retraso de 0,5 ms, mientras en la eléctrica no se registra ninguna pérdida temporal. El cerebro necesita un periodo mínimo de captación del estímulo visual de 60 a 70 ms para poder así interpretar y, posteriormente, establecer la respuesta y ejecutarla. Esto, junto a la fiabilidad del instrumento utilizado, daría lugar al TR (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011).

Para poder medir el TR se requiere un adecuado instrumento o aparato de medición, lo cual constituye la mayor limitante del proceso (Eckner et al., 2015). Los instrumentos para medirlo han evolucionado desde el quimógrafo, el galvanómetro, el telégrafo, el cronógrafo de barril, el cronómetro de Hipp, el cronoscopio con electromiografía, hasta llegar al uso del ordenador para la generación del estímulo y la medición de la respuesta (Robles, 2014; Hernández & García, 2013). Brusque & Andrade (2015) revisaron el lenguaje de programación, el sistema operacional, los accesorios utilizados para registrar la respuesta a los estímulos y el retraso medido en milisegundos. Los sistemas

operacionales investigados fueron Windows, Mac y Linux. Los resultados mostraron retrasos que varían de 8 a 52 ms para los “ratones”, entre 0,0006 y 80 ms para los teclados y de 0,0005 a 68 ms en los monitores. Concluyen que la realización de los estudios en las tareas de TR en el ordenador debe analizarse cuidadosamente.

El uso de cámara de video permite registrar cualquier tipo de respuesta motriz, aunque requiere un análisis posterior de las imágenes. Este es un sistema más costoso, pero más específico al gesto particular estudiado. Conlleva la necesidad de marcar exactamente cuál es el inicio de la respuesta para poder medir el tiempo de diferencia. También se usan cámaras de alta velocidad, hasta con una frecuencia de 20.000 *frames* por segundo —un *frame* es una imagen particular dentro de una sucesión de imágenes que componen una animación—. Estos dispositivos pueden llegar a determinar hasta el más mínimo movimiento del individuo o del objeto que se va a medir —pelotas de tenis, balones de distintos deportes o incluso pruebas de balística—. Tal sistema tiene la ventaja de la adaptación a cualquier gesto deportivo para su medición junto a la actual precisión de los medios, pero cuenta con la desventaja de un largo procedimiento para tratar los datos (New, 2012; Brusque & Andrade, 2015; Robles, 2014; Hernández & García, 2013).

Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González (2011), que estudiaron el TR ante estímulos visuales, utilizando el programa SuperLab® en 79 voluntarios (74% hombres y 26% mujeres), con una edad media de  $22,6 \pm 3,7$  años, encontraron que los estímulos visuales arrojaron una media de  $322 \pm 64$  ms. En cuanto al género, solo se hallaron diferencias significativas respecto a los estímulos visuales ( $t(77) = -2,65$ ;  $p = 0,010$ ). Esto les hizo pensar que el TR puede estar influido por el género. Los varones presentaron un TR significativamente más corto que las mujeres para el TR visual.

Vences et al. (2011) analizaron la capacidad de atención y el TR en practicantes portugueses de karate. Seleccionaron 96 karatecas shotokan federados, pertenecientes al Centro Portugués de Karate. A estos les evaluaron: tiempo de reacción simple (TRS), tiempo de reacción de elección (TRE), tiempo de decisión (TD) y atención distribuida (AD). Para recoger los TR se utilizó el software "PRWin", desarrollado en el laboratorio de la Escola Superior de Desporto de Rio Maior. Los resultados mostraron que en el TRS todos los grupos tendieron a que sus respuestas ocurran 300 ms después del estímulo, sin existir diferencias significativas entre ellos. La variable género no influyó de forma significativa al TR de los practicantes, aunque las mujeres evaluadas tendieron a reaccionar más rápidamente que los hombres.

Nikam y Gadkari (2012) estudiaron el efecto de la edad, el género y el índice de masa corporal (IMC) sobre el TR visual (VRT) y auditivo (ART). Para ello seleccionaron 30 varones y 30 mujeres entre 18 y 20 años, junto con 30 hombres y 30 mujeres entre 65 y 75 años. El análisis estadístico mostró que el IMC, el VRT y el ART fueron significativamente mayores en edad que los individuos jóvenes. Las mujeres tuvieron mayor IMC y los tiempos de reacción más largos que en los hombres. No fue significativa la correlación entre el IMC y los tiempos de reacción (VRT y TAR) en hombres y mujeres.

El tiempo de acción, también referenciado como tiempo de movimiento, es el que transcurre entre la estimulación de los músculos y el inicio del movimiento con la finalización de este. Depende fundamentalmente de la completa activación de la musculatura participante y los procesos asociados (despolarización, liberación de calcio, disponibilidad de ATP, tipo de unidad motora estimulada) (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Roca, 1983; Soto, 2016). Con el entrenamiento físico, según Rimmelée, Zellweger y Martić (2007), no mejoran las cualidades psicosociales, pero sí lo hacen el rendimiento en tareas

complejas, la mejora de la gestión del estrés y las capacidades psicológicas.

Ramón et al. (2016) midieron el tiempo de acción como la diferencia entre el tiempo de inicio del movimiento y su terminación. Para su medición utilizaron videogrametría, un equipo para crear estímulos visuales o auditivos (REAC), una silla y una mesa con una distancia de 25 cm demarcada en ella. Midieron karatekas juveniles y encontraron tiempos de 350 ms y 394 ms (hombre y mujeres respectivamente) para pruebas de acción de mano derecha. El estudio intentó validar pruebas de campo y de laboratorio para tiempos de reacción y de acción, para miembros superiores y miembros inferiores.

De acuerdo con los estudios, existen pruebas de campo y de laboratorio para medir el TR (Eckner, 2015; Robles, 2014) y el tiempo de acción, pero no se han hallado investigaciones que establezcan la correlación existente entre pruebas de laboratorio y de campo. Ya desde 1983, Galilea y Roca afirmaron que el TR obtenido en laboratorio no manifiesta una buena correlación con la práctica deportiva, y por lo tanto no ha constituido una medida con poder predictivo.

Dada la escasa publicación de resultados de tiempos de reacción y de acción que relacionen pruebas de laboratorio y pruebas de campo, el objetivo general del presente artículo fue establecer la relación entre pruebas de laboratorio y pruebas de campo del tiempo de reacción y de acción en karatecas y taekwondokas de diferentes grados de entrenamiento.

## METODOLOGÍA

### Diseño

El presente estudio fue de carácter correlacional. Pretendió explorar, describir y comparar los protocolos de medición de pue-

bas de laboratorio (generales) y pruebas de campo (específicas), para TR visual, en karatecas y taekwondokas, categorías mayores.

## **Participantes**

La población fueron deportistas mayores pertenecientes a las ligas antioqueñas de karate y taekwondo. La muestra la integraron 50 deportistas, 44 % género femenino, 56 % género masculino, con una edad de  $22 \pm 4$  años, una estatura de  $168 \pm 7$  cm (Md-RIC) y una masa de  $62 \pm 16$ kg (Md-RIC). Los karatecas fueron el 62 % y los taekwondokas, el 38 %.

- Criterios de inclusión: deportistas afiliados a las ligas mencionadas, ser mayor de 18 años, tener al menos un año de práctica activa y desear participar en el estudio.
- Criterios de exclusión: consumo crónico de medicamentos y tener enfermedades diagnosticadas.

## **Variables generales**

### **Instrumentos**

- REAC: instrumento de tipo interruptor que permite generar estímulos visuales y sonoros a voluntad del investigador, ya sea por separados o simultáneamente. De esta manera, el sujeto no adivina el inicio del estímulo. Fue validado en estudio previo (Ramón et al., 2016).
- Video cámara Casio Exilim ZR 200 X260 240 fps: captura 240 fotogramas por segundo (intervalo de fotogramas = 0,004 ms), lo cual es adecuado para el objetivo del estudio.
- Human v 5.0: es un programa de video para 2D y 3D, creado por Tom Duck (Ph. D. Associate Professor, School of Kinesiology and Health Science York University Toronto, Ontario, Canadá), interactivo, para análisis de movimiento humano.

- Ordenador: computador portátil Lenovo® que se utilizó para el almacenamiento y procesamiento de los datos, sin condiciones especiales, pues el procesamiento y obtención de los datos no lo requirieron.

### ***Procedimiento de medición***

A cada sujeto se le filmaron tres intentos en cada variable y por cada segmento corporal, para lo cual se tomaron los tres intentos para aumentar el número de datos. La toma de datos se realizó de forma individual en los clubes respectivos. Las variables de carácter general se les realizaron a todos los deportistas; las variables específicas solo se les realizaron a los deportistas de los deportes específicos. Las mediciones se realizaron mediante las siguientes condiciones. En el mismo sitio, a la misma hora, con el mismo estímulo visual y auditivo, los deportistas no consumieron medicamentos, café ni alcohol durante el último día, con calentamiento igual previo a las pruebas (movimientos de activación general) y descanso previo de 48 horas.

Para las pruebas de mano, cada sujeto se sentó, de manera cómoda, en una silla, con el antebrazo y mano apoyada en un escritorio. Cuando se encendió la luz, con la mano apoyada en el escritorio procedió a tocar un objeto sobre el escritorio a 25 cm de distancia. Para las pruebas de pie, el sujeto se puso en esta posición, y cuando se activó la luz, lo movió para tocar un objeto ubicado a 25 cm de distancia (figura 1).

**Figura 1.** Momentos críticos para la evaluación del tiempo de reacción



Fuente: elaboración propia.

*Nota.* En la parte superior, tiempo de reacción visual de la mano derecha. En la parte inferior, tiempo de reacción visual del miembro inferior izquierdo. En la parte superior de cada imagen está el registro del tiempo (en milisegundos).

## Variables de laboratorio o generales

1. Tiempo de reacción viso-manual: el TR viso-manual fue el tiempo transcurrido entre la aparición del haz de luz y el movimiento de alguna parte de la mano, tanto para la mano derecha como para la izquierda.
2. Tiempo de acción viso-manual: el tiempo de acción viso-manual fue el tiempo transcurrido entre el inicio del movimiento de la mano y el tiempo en que tocó un objeto colocado a 25 cm, tanto para la mano derecha como para la izquierda.
3. Velocidad de acción viso-manual: relación entre la distancia recorrida (m) y el tiempo empleado (s), tanto para la mano derecha como para la izquierda.
4. Tiempo de reacción viso-pédico: el TR viso-pédico fue el tiempo transcurrido entre la aparición del haz de luz y el

movimiento de alguna parte del pie, tanto para el pie derecho como para el izquierdo.

5. Tiempo de acción viso-pédico: el tiempo de acción visual-pédico fue el tiempo entre el inicio del movimiento del pie y el tiempo en que tocó un objeto ubicado a 25 cm, tanto para el pie derecho como para el izquierdo.
6. Velocidad de acción viso-pédica: relación entre la distancia recorrida (m) y el tiempo empleado (s), tanto para el pie derecho como para el izquierdo.

## **Variables específicas o de campo**

### **1. Ataque con mano atrasada:**

- Tiempo de reacción viso-manual: fue el tiempo transcurrido entre el estímulo lumínico y el inicio de movimiento de la mano, para mano derecha e izquierda.
- Tiempo de acción viso-manual: fue el tiempo transcurrido entre el inicio de movimiento de la mano y la terminación de la técnica evaluada, separadas por lateralidad, para mano derecha e izquierda.

### **2. Ataque con pie atrasado:**

- Tiempo de reacción viso-pédico: fue el tiempo transcurrido entre el estímulo lumínico y el inicio de movimiento del pie, separados por lateralidad, para pie derecho e izquierdo.
- Tiempo de acción viso-pédico: fue el tiempo transcurrido entre el estímulo lumínico y el inicio de movimiento del pie, separados por lateralidad, para pie derecho e izquierdo.

### **3. Control de sesgos:**

- Manejo de equipos: se capacitaron y compararon dos operadores para manejo de la cámara, digitalización de los videos, obtención de los datos y su respectiva exportación a

hojas de Excel. No se encontraron diferencias significativas en estos procedimientos.

- La hora de la medida: los sujetos se evaluaron en las horas de la tarde (4-6 p. m.), en los horarios de entrenamiento.
- La luminosidad del estímulo: debido a que a mayor velocidad de *frames* de la cámara se requiere mayor iluminación, además de que la luz debe ser continua, se usó una lámpara tipo LED con una potencia de 100 W.
- Nivel de actividad física: todos los atletas debían estar entrenando de manera sistemática al menos cinco veces a la semana.
- Nivel de fatiga muscular: todos los atletas debieron participar con 24 horas de descanso.
- Calentamiento: se permitió una activación muscular durante un tiempo de 10 minutos, haciendo hincapié en movimientos rápidos y potentes.
- Posición de inicio y el efecto de aprendizaje: todos los participantes realizaron las pruebas desde posiciones estandarizadas. Se les realizaron explicaciones de cada una de las pruebas y los intentos necesarios hasta que no cometieron errores. En cada prueba realizaron tres intentos al máximo de sus posibilidades.
- Tamaño de la muestra: se requieren al menos 30 datos para una investigación (Lozano, 2011). El tamaño de muestra para establecer una correlación cuando se asume que la correlación es significativa, cuando  $r = 0,4$  es de 47 sujetos ( $n = ((Z_{1-\alpha/2} - Z_{1-\beta}) / 0,5 \ln((1+r)/(1-r))^2 + 3)$  (Pértegas y Pita, 2002).

## Operacionalización de las variables

En la tabla 1 se muestra la operacionalización de las variables:

**Tabla 1.** Características de las variables estudiadas

Variable	Tipo de variable	Tipo de escala	Unidad de medición
Edad	General	Continua	Años
Género	General	Nominal	1 = masculino; 2 = femenino
Estatura	General	Continua	cm
Masa corporal	General	Continua	kg
Índice de masa corporal (IMC)	General	Continua	Kg / m <sup>2</sup>
Deporte	General	Nominal	1 = Karate; 2 = Taekwondo
Lateralidad del segmento	General	Nominal	1 = Derecho; 2 = Izquierdo
Tiempo de reacción viso-manual	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción viso-manual	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de reacción viso-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción viso-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de reacción viso-manual	Específica	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción viso-manual	Específica	Continua	Milisegundos
Tiempo de reacción viso-pédico	Específica	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción viso-pédico	Específica	Continua	Milisegundos

Fuente: elaboración propia.

## Manejo de los datos

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk a todos los datos de las diferentes variables. Los resultados mostraron una distribución anormal. De acuerdo con ello, se calcularon la mediana (Md) y los cuartiles 1 y 3, con los cuales se estableció el rango intercuar-

tílico (RIC). De la misma manera se calculó la  $r$  de Spearman para establecer el grado de correlación existente entre las pruebas de laboratorio y las pruebas de campo. Dada la distribución de los datos, se utilizó el estadístico de Wilcoxon para comparar dos conjuntos de datos relacionados y la prueba de Mann Whitney para comparar dos muestras independientes. El nivel de significancia se estableció en 0,05.

## **Aspectos éticos**

El proyecto fue aprobado por el Centro de Investigaciones Cícidep del Instituto de Educación Física de la Universidad de Antioquia (Acta 727 de 2016-09-12). Para dar cumplimiento a los protocolos de Helsinki y a la normativa del Ministerio de Salud Nacional con respecto a los trabajos de investigación, todos los integrantes firmaron un consentimiento informado en el que se les explicó el objetivo de la investigación, los responsables de la investigación, el compromiso de hacer la retroalimentación de los resultados y la alternativa de no participar en la investigación.

## **RESULTADOS**

### **Variables sociodemográficas**

La muestra examinada tuvo una edad de  $22 \pm 4$  años (Md-RIC), una estatura de  $168 \pm 7$  cm (Md-RIC) y una masa de  $62 \pm 16$  kg (Md-RIC). Las deportistas fueron el 44% y los deportistas, el 56%. Los karatecas fueron el 62% y los taekwondokas, el 38% (tabla 2) (Md = mediana; RIC = rango intercuartílico).

**Tabla 2.** Características de la muestra examinada, agrupadas por género, edad, masa, talla e índice de masa corporal, con la comparación por género

	Femenino (n = 22)				Masculino (n = 28)					
	Edad (años)	Masa (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Edad (años)	Masa (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )		
25	19	50	158	20	19	60	168	20		
Percentiles	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>56</b>	<b>160</b>	<b>22</b>	<b>68</b>	<b>176</b>	<b>22</b>		
75	22	62	163	23	26	76	180	25		
	General (n = 50)				Comparación por género					
	Edad (años)	Masa (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Edad (años)	Masa (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )		
25	19	55	160	20	U	2120	1139	509	2219	
Percentiles	<b>50</b>	<b>22</b>	<b>62</b>	<b>168</b>	<b>22</b>	z	-2,49	-6,19	-8,58	-2,10
	75	23	71	177	24	p	<b>0,013</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,036</b>

Fuente: elaboración propia.

Nota. U MW = Prueba de Mann Whitney; p = probabilidad.

De acuerdo con la tabla 2, existieron diferencias significativas por género al comparar las variables edad, peso, talla e índice de masa corporal, por lo que estas variables podrán explicar las diferencias en las variables estudiadas.

## Variables de laboratorio y de campo

En karate, al examinar el TR, las deportistas presentaron un menor tiempo en las pruebas de laboratorio (tabla 3), excepto en la prueba de campo para el pie derecho; esta prueba fue la que presentó una correlación baja pero significativa ( $r = 0,35$ ;  $p < 0,00$ ). Por su parte, los deportistas generaron menores tiempos en las pruebas de laboratorio, pero las pruebas que presentaron correlación fueron las de las manos, con valores entre 0,33 y 0,5 ( $p < 0,05$ ). Al tomar la población total, se presentaron correlaciones bajas y significativas ( $r$  entre 0,21 y 0,315;  $p < 0,05$ ) para las pruebas de manos y pie derecho.

**Tabla 3.** Características de la muestra examinada, agrupadas por género, edad, masa, talla e índice de masa corporal, con la comparación por género

Karate																			
		Femenino (n = 54)						Masculino (n = 39)						General (n = 93)					
Variables	Seg	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p
Tiempo de reacción (Lab - Cam)	MD	179	229	-5,305c	0,000	0,19	0,17	175	221	-4,482c	0,000	0,33 <sup>*</sup>	0,04	175	225	-6,961b	0,000	0,21 <sup>*</sup>	0,041
	MI	175	329	-5,645c	0,000	0,15	0,29	175	325	-5,287c	0,000	0,50 <sup>**</sup>	0,00	175	325	-7,769b	0,000	0,29 <sup>**</sup>	0,004
	PD	233	227	-5,955c	0,000	0,37 <sup>**</sup>	0,00	233	254	-5,374c	0,000	0,18	0,26	233	233	-8,028b	0,000	0,31 <sup>**</sup>	0,00
	PI	227	346	-6,209c	0,00	0,23	0,10	208	325	-5,374c	0,000	0,06	0,73	217	342	-8,174b	0,000	0,18	0,08
Tiempo de acción (Lab - Cam)	MD	208	208	-1,243d	0,214	0,21	0,12	188	183	-0,842d	0,400	-0,11	0,49	200	200	-1,521c	0,128	0,21 <sup>*</sup>	0,03
	MI	221	377	-1,909d	0,056	-0,09	0,52	196	304	-1,532d	0,125	-0,29	0,07	208	354	-2,454c	0,014	0,10	0,34
	PD	229	217	-6,394c	0,000	-0,27	0,05	208	179	-5,445c	0,000	-0,31	0,06	221	200	-8,375b	0,000	0,15	0,16
	PI	244	400	-6,395c	0,00	0,09	0,53	225	313	-5,443c	0,000	0,17	0,30	233	358	-8,375b	0,000	0,24 <sup>*</sup>	0,02
Taekwondo																			
		Femenino (n = 12)						Masculino (n = 45)						General (n = 93)					
Variables	Seg.	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Z	sig asin	r	p
Tiempo de reacción (Lab - Cam)	MD	163	215	-2,316c	0,021	0,09	0,79	188	221	-3,185c	0,001	0,13	0,39	179	217	-3,904b	0,000	0,12	0,368
	MI	156	319	-2,847c	0,004	0,15	0,63	179	325	-4,747c	0,000	0,10	0,50	179	325	-5,433b	0,000	0,15	0,282
	PD	221	231	-2,590c	0,010	-0,37	0,24	217	275	-4,961c	0,000	0,08	0,59	217	258	-5,564b	0,000	0,03	0,83
	PI	188	340	-3,066c	0,002	0,08	0,79	208	329	-5,803c	0,000	-0,10	0,52	204	333	-6,540b	0,000	-0,01	0,94

Tiempo de acción (Lab - Cam)	MD	204	175	-1,022c	0,307	0,75**	0,00	192	200	-1,851c	0,064	0,34*	0,02	192	183	-1,581b	0,114	0,40**	,002
	MI	190	288	-1,514c	0,130	0,72**	0,01	192	275	-1,061c	0,289	0,01	0,95	192	275	-1,571b	0,116	0,12	,386
	PD	213	190	-3,061c	0,002	-0,10	0,75	217	196	-5,458c	0,000	0,03	0,83	217	196	-6,185b	0,000	0,03	0,80
	PI	233	290	-3,065c	0,002	0,46	0,13	213	279	-5,149c	0,000	0,02	0,92	217	279	-5,977b	0,000	0,15	0,28
<b>General</b>																			
<b>Femenino (n = 66)</b>					<b>Masculino (n = 84)</b>					<b>General (n = 150)</b>									
<b>Variables</b>	<b>Seg</b>	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>Z</b>	<b>sig asin</b>	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>Z</b>	<b>sig asin</b>	<b>r</b>	<b>p</b>	<b>M<sub>1</sub></b>	<b>M<sub>2</sub></b>	<b>Z</b>	<b>sig asin</b>	<b>r</b>	<b>p</b>
Tiempo de reacción (Lab - Cam)	MD	175	227	-5,817c	0,000	0,19	0,13	179	221	-5,396c	0,000	0,16	0,15	179	221	-7,916b	0,000	0,166*	0,043
	MI	175	325	-6,291c	0,000	0,15	0,22	179	325	-7,056c	0,000	0,267*	0,01	175	325	-9,428b	0,000	0,241**	0,003
	PD	225	227	-6,472c	0,000	0,287*	0,02	223	260	-7,304c	0,000	0,15	0,19	225	238	-9,756b	0,000	0,215**	0,010
	PI	217	346	-6,913c	0,000	0,292*	0,02	208	327	-7,882c	0,000	0,01	0,90	213	342	-10,457b	0,000	0,150	0,07
Tiempo de acción (Lab - Cam)	MD	208	204	-1,021d	0,307	0,401**	0,00	188	183	-0,924c	0,356	0,20	0,08	196	200	-0,092c	0,927	0,323**	,000
	MI	213	367	-1,221d	0,222	0,13	0,28	192	283	-0,213d	0,832	-0,10	0,37	204	317	-0,923c	0,356	0,110	,168
	PD	229	217	-7,063c	0,000	-0,07	0,59	210	183	-7,756c	0,000	-0,07	0,54	221	196	-10,498b	0,000	0,166*	0,04
	PI	242	392	-7,063c	0,000	0,19	0,13	217	292	-7,561c	0,000	0,225*	0,04	229	325	-10,418b	0,000	0,336**	0,00

Fuente: elaboración propia.

Nota. En verde, diferencias estadísticamente significativas en estadísticos descriptivos. En naranja, correlaciones significativas.

TR = tiempo de reacción; TA = tiempo de acción; Lab = laboratorio; Cam = campo; Z = valor del estadístico de la prueba de Wilcoxon; sig asin = significancia bilateral asintótica; r = coeficiente de correlación de Spearman; p = probabilidad de ocurrencia; n = número de datos; M1 = mediana en milisegundos de las pruebas de laboratorio; M2 = mediana en milisegundos de las pruebas de campo; \* = p < 0,05; \*\* = p < 0,01.

En taekwondo, todos los tiempos de reacción tanto de las deportistas como las deportistas en las pruebas de laboratorio fueron menores que las pruebas de campo, y no se correlacionaron entre sí.

Al examinar la muestra en general, se encontró que los tiempos de las pruebas de laboratorio fueron menores que las pruebas de campo y se correlacionaron significativamente con valores de  $r$  bajos para las pruebas de manos y pie derecho. Los valores menores de las pruebas de laboratorio se pueden explicar por la ubicación del estímulo visual. Mientras en las pruebas de laboratorio el estímulo lumínico estuvo entre 0,30 y 0,50 m de la cara de los sujetos, en las pruebas de campo esta distancia osciló entre 1 y 2 m.

## DISCUSIÓN

El TR es el tiempo que tarda el estímulo nervioso en recorrer el espacio entre la corteza cerebral y la ubicación de la placa motora de los músculos que generan el movimiento. Está condicionado por la longitud de los nervios, su mielinización y por el número de sinapsis existentes en la vía (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011). En los deportes analizados, el tiempo para las manos fue significativamente menor que el de los pies, diferencia explicada por la longitud de los nervios periféricos para inervar la musculatura. Este hallazgo justifica la separación de las pruebas por segmentos corporales, pues cada uno de los segmentos corporales puede tener condiciones específicas de entrenamiento. Aunque en el presente estudio no se observaron diferencias significativas por lateralidad, hecho explicado por los entrenamientos bilaterales que los deportistas realizan, es posible que en sujetos no entrenados el TR sea diferente. Los estudios no reportan diferencias por lateralidad.

Los estudios de Pérez Tejero, Soto-Rey y Rojo-González (2011) y Robles (2014) han reportado que existe un tiempo de latencia de hasta 200 ms para reaccionar ante estímulos visuales, hecho que explicaría el mayor tiempo en las pruebas de campo.

En cuanto a las correlaciones, los estudios de Galilea et al. (1983) mostraron que los TR no guardaron una buena correlación con la práctica deportiva, pero esta ausencia de correlación la fundamentaron por la comparación entre atletas de rendimiento y estudiantes universitarios, no entre pruebas intrasujeto que comparen pruebas de laboratorio y pruebas de campo. En el presente estudio se esperaba que las correlaciones fueran mayores, puesto que las pruebas fueron intrasujeto y similares en la estructura motora, pruebas que implicaban que la conducción de estímulos por parte de los nervios periféricos para excitar los extensores de codo y flexores de hombro era la misma en ambas pruebas. Estas bajas correlaciones podrían explicarse, en primera instancia, por la diferencia entre las pruebas en cuanto a que las pruebas de laboratorio fueron movimientos no automatizados por los deportistas, mientras que las pruebas de campo sí lo fueron (Núñez, 2006). En segunda instancia, por la diferencia entre los atletas examinados (Hermann et al., 2008). En el presente trabajo se notó que ni los tiempos ni las correlaciones fueron iguales entre los dos deportes evaluados. Tal vez si se hubieran examinado sujetos de un mismo deporte, las correlaciones serían mayores. En tercera instancia, por el tamaño de la muestra y los intentos evaluados; en esta investigación se tomaron tres intentos por cada sujeto a diferencia de los estudios referenciados (Pérez-Tejero, Soto-Rey & Rojo-González, 2011; Roca, 1983; Soto, 2016), en que a los sujetos se les tomó el mejor intento y el tamaño de la muestra fue grande (más de 50).

De acuerdo con los datos expuestos, el TR es menor en las pruebas de laboratorio que en las de campo, a pesar de que las distancias para recorrer por los impulsos nerviosos fueran similares. La explicación posible es que los procesos mentales y la ubi-

cación de los estímulos externos condicionen las respuestas. En tres de las cuatro pruebas examinadas, existió una significativa pero baja correlación entre las pruebas de laboratorio y las de campo, justificando el empleo de pruebas de laboratorio para el control y seguimiento de esta variable.

El tiempo de acción, también referenciado como tiempo de movimiento, es el tiempo que transcurre entre la estimulación de los músculos y el inicio del movimiento con su finalización. Depende fundamentalmente de la completa activación de la musculatura participante y los procesos asociados (despolarización, liberación de calcio, disponibilidad de ATP, tipo de unidad motora estimulada) (Wilmore y Costill, 2007).

En el tiempo de acción, los karatecas femeninos y los masculinos, aunque no mostraron diferencias en las pruebas de manos, el tiempo para el miembro inferior derecho fue menor en la prueba de campo y mayor para el pie izquierdo. Llamó la atención que no existieron diferencias significativas entre los tiempos de acción de las pruebas de laboratorio y de campo de las manos, tanto en el género masculino como en el femenino, a pesar de que las condiciones externas no fueron las mismas, y además de que solo se presentara una correlación significativa baja ( $r = 0,24$ ;  $p < 0,01$ ) en la comparación general en la prueba de pie izquierdo. Dado que esta variable depende del desarrollo del componente muscular, al no existir diferencias entre los dos tiempos indica que la musculatura participa del movimiento de las manos, lo hace de manera similar en ambas pruebas, lo que se puede emplear como control del entrenamiento. No presentar correlaciones se puede atribuir al mismo hecho de que fueran similares en los valores medios, pero su dispersión diferente.

Por otra parte, en las taekwondokas las pruebas de manos, tanto la de laboratorio como la de campo, no tuvieron diferencias significativas, pero además presentaron altas correlaciones ( $r = 0,72$ ;  $p < 0,01$ ) muy significativas con las relaciones esperadas para este estudio. Pero los taekwondokas, aunque tampoco

presentaron diferencias significativas en las manos, tan solo la mano derecha tuvo una correlación baja pero significativa en las pruebas. Las pruebas de los pies tuvieron un comportamiento similar tanto en hombres como en mujeres; es decir, fue menor el tiempo en el pie derecho en la prueba de campo y lo contrario para el pie izquierdo. En estas pruebas, la situación es sorprendente para el miembro inferior derecho, pues los tiempos de la prueba de campo fueron menores estadísticamente hablando ( $p < 0,05$ ), porque las distancias en las pruebas de campo (entre 1 y 1,5 m) fueron considerablemente mayores que las pruebas de laboratorio (0,25 m). Una explicación posible es la alta especialización que adquieren estos deportistas en este gesto, con lo cual logran que su musculatura se desarrolle en alto grado. Sin tener en cuenta el género, tres de las pruebas de tiempo de acción presentaron correlaciones significativas ( $p < 0,05$ ) pero con un valor de  $r$  bajo ( $r$  entre 0,15 y 0,33).

En concordancia con lo descrito en el párrafo anterior, en las pruebas relacionadas con el tiempo de acción de las manos, el tiempo fue menor en las pruebas de laboratorio. Las condiciones externas en las pruebas de campo fueron diferentes; la distancia fue mayor, lo que explicaría el menor tiempo en las pruebas de laboratorio. En las pruebas que relacionan los miembros inferiores, la situación fue sorprendente, pues los deportistas mostraron un alto grado de desarrollo de su musculatura. Dado que en tres de las cuatro pruebas se encontraron correlaciones significativas, aunque bajas, estas pruebas están justificadas realizarlas como control en el desarrollo de los deportistas.

La medición del tiempo de reacción y de acción mediante videografía, aunque dispendioso en su procedimiento, permite diferenciar entre el tiempo de reacción y el tiempo de acción; diferencia que no se puede establecer mediante otros procedimientos como el cronómetro, la electromiografía o los ordenadores. Los estudios de Shelton y Kumar (2010) reportan un tiempo medio de reacción visual de 331 ms en sujetos normales.

Los de Pérez-Tejero, Soto-Rey y Rojo-González (2010) sitúan el tiempo medio en 322 ms, obtenido con un ordenador y en estudiantes de deporte. Estos equipos, al no tener en cuenta el tiempo de acción, lo suman al de reacción, lo que arroja valores mayores. Si a lo anterior se le suma lo reportado por Brusque y Andrade (2015), quienes afirman que los test realizados por ordenador tienen factores de retardo como el ratón, los teclados y los monitores, estos hechos incrementan los valores del TR.

En el presente estudio los TR no superaron los 250 ms, incluyendo los TR de los miembros inferiores. Estos tiempos son muy inferiores debido a que el procedimiento de esta indagación separa el TR y el tiempo de acción juntos. En el estudio de Harmann et al. (2008), se midieron el TR y el tiempo de ejecución (tiempo entre el inicio del movimiento y su final, que para esta investigación es el mismo tiempo de acción) en taekwondokas ejecutando *bandal chagui*. Para ello utilizaron tres cámaras infrarrojas con un sistema de captura de movimiento asociados a un marcador activo LUKOtronic, con siete marcadores —cinco sobre el sujeto (tobillo, talón, cadera, hombro, muñeca del lado que patea), un marcador de gatillo en el piso y uno en el guante de la mano—. Encontraron un valor promedio de 0,34 s para el tobillo; 0,26 s, para cadera; 0,23 s, para hombro, y 0,31 s, para el tiempo de ejecución. Estos hallazgos están de acuerdo con lo encontrado en esta indagación, lo que muestra que cada segmento tiene un TR diferente, y además que el tiempo de acción es otra variable diferente.

Entre los factores que se hicieron necesarios luego del estudio piloto fue el de agregar fuentes de luz continua con suficiente potencia para que las imágenes que se obtuvieran no dejaran lugar a dudas a los evaluadores. Las fuentes de luz tipo fluorescente generan fotogramas que alternan entre oscuros y claros, que no permiten una buena decisión. Aunque se realizó una estandarización de los evaluadores, el máximo error que se pudo cometer fue de dos fotogramas que equivalen a 0,008 ms, lo cual

crea un error de entre 3 y 4 %, valores que no afectan de manera significativa la medición, en el caso de que hubieran producido.

## CONCLUSIÓN

La mayoría de las pruebas de laboratorio y de campo (75 %) se correlacionaron significativamente ( $p < 0,05$ ), con valores  $r$  Spearman entre 0,2 y 0,7. Estos valores permiten sugerir el uso de estas pruebas para el seguimiento y control del tiempo de reacción y acción en deportes como el karate y el taekwondo.

## REFERENCIAS

1. Abrahamse, E., & Noordzij, M. (2011). Designing training programs for perceptual-motor skills: Practical implications from the serial reaction time task. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 61, 65-76.
2. Ashoke, B., Shikha, D., & 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.
3. Badau, D., Baydil, B., & Badau, A. (2018). Differences among three measures of reaction time based on hand laterality in individual sports. *Sports*, 6(2), 45. <https://doi.org/10.3390/sports6020045>
4. Borysiuk, Z., & Sadowski, J. (2007). Time and spatial aspects of movement anticipation. *Biology of Sport*, 24, 285-295.
5. Borysiuk, Z., & Waskiewicz, Z. (2008). Information precesses, stimulation and perceptual training in fencing. *Journal of Human Kinetics*, 19, 63-82.
6. Brusque, T., & Andrade, A. (2015). Retrasos en la medición del tiempo con el uso de computadoras en la investigación del Tiempo de Reacción: una revisión sistemática. *Revista de Psicología del Deporte*, 24(2), 341-349.

7. Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari K. (2012). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
8. Deval, V.C., García, J., & Fernández, L. (2009). Análisis de las acciones técnicas de los judokas cadetes participantes en el Campeonato de España. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(15), 64-80.
9. Eckner, J. T., Richardson, J. K., Kim, H., Joshi, M. S., Oh, Y. K., & Ashton-Miller, J. A. (2015). Reliability and criterion validity of a novel clinical test of simple and complex reaction time in athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 120(3), 841-859.
10. Galilea, B., & Roca, J. (1983). Tiempo de reacción y deporte: una aproximación empírica. *Apunts*, Vol XX, 120-123.
11. Hermann, G., Scholz, M., Vieten, M., & Kohloeffel, M. (2008). *Reaction and performance time of taekwondo top-athletes demonstrating the balding-chagi*. Documento procedente del 26th International Symposium on Biomechanics in Sport. Seoul, Korea, 416-419.
12. Hernández, M. A., & García, V. (2013) Análisis del tiempo de reacción en taekwondistas de distinto nivel de pericia. *Revista Internacional de Ciencias Sociales de la Actividad Física, el Juego y el Deporte*, 5(5),18-41.
13. James, L. P., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2016). Towards a determination of the physiological characteristics distinguishing successful mixed martial arts athletes: a systematic review of combat sport literature. *Sports Medicine*, 46(10), 1525-1551.
14. Le Runigo, C., Benguigui, N., & Bardy, B. (2010). Visuo-Motor Delay, information-Movement coupling and expertise in Ball sport. *Journal of Sport Sciences*, 28(3), 327-337.
15. Lech, G., Jaworski, J., Lyakh, V., & Krawczyk, R. (2011). Effect of the level of coordinated motor abilities on performance in junior judokas. *Journal of Human Kinetics*, 30,153-160.
16. Lozano, W. A. (2011). Determinación del número mínimo de observaciones en investigación, obviando las estimaciones de la varianza de datos. *Revista de Didáctica Ambiental*, 7(10), 54-61.

17. Martínez, O. (2003). *El tiempo de reacción visual en el karate* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [https://oa.upm.es/765/1/OSCAR\\_MARTINEZ\\_DE\\_QUEL\\_PEREZ.pdf](https://oa.upm.es/765/1/OSCAR_MARTINEZ_DE_QUEL_PEREZ.pdf)
18. Martínez, O., López, E., Sillero, M., & Saucedo, F. (2011). La toma de decisión en tareas de entrenamiento de la esgrima y su relación con el tiempo de reacción. *Revista de Ciencias del Deporte*, 7(supl.), 3-12.
19. New, J. (2012). History of Psychology Collection-Reaction Time Apparatus.
20. Nikam, H., & Gadkari, J. V. (2012). Efecto de la edad, género e índice de masa corporal en tiempos de reacción visual y auditiva en población indígena. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(1), 94-99.
21. Núñez, F. (2006). *Efectos de la aplicación de un sistema automatizado de proyección de preíndice en la mejora de la efectividad del lanzamiento de penalti en fútbol* (tesis doctoral). Universidad de Granada. Recuperado de <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/1019/1/16158003.pdf>
22. Pavelka, R., Třebický, V., Třebická Fialová, J., Zdobinský, A., Coufalová, K., Havlíček, J., & Tufano, J. J. (2020). Acute fatigue affects reaction times and reaction consistency in Mixed Martial Arts fighters. *PLoS One*, 15(1), e0227675.
23. Peñaloza, R. (2007). *Estudio y análisis del comportamiento visual de deportistas de Taekwondo con diferente nivel de pericia* (tesis doctoral). Universidad de Castilla la Mancha, Toledo.
24. Pérez-Tejero, J., Soto-Rey, J., & Rojo-González, J. J. (2011). Estudio del tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27, 149-162.
25. Pértegas, S., & Pita, S. (2002). *Determinación del tamaño muestral para calcular la significación del coeficiente de correlación lineal*. Recuperado de <https://www.fisterra.com/gestor/upload/guias/pearson2.pdf>
26. Ramón, G., Gaviria, S., Teller, D., Calderón, M., & Ruiz, V. (2016). Escalas de evaluación del tiempo de reacción visual y auditivo en karatekas antioqueños. *Viref*, 5(1), 1-16.

27. Rimmelea, U., Zellwegerb, B., & Martic, B. (2007). Trained men show lower cortisol, heart rate, and psychological responses to psychosocial stress compared with untrained men. *Psychoneuroendocrinology*, 32(6), 627-635.
28. Ríos, A. (2011). *Los cambios dentro del taekwondo moderno*. Recuperado de <http://mastkd.com/2010/11/los-cambios-dentro-del-taekwondo-moderno/>
29. Robles, J. J. (2014). *El tiempo de reacción específico visual en deportes de combate* (tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado de [https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/661009/robles\\_perez\\_josejuan.pdf?sequence=1](https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/661009/robles_perez_josejuan.pdf?sequence=1)
30. Roca, J. (1983). *Tiempo de reacción y deporte*. Barcelona: Generalitat de Catalunya- INEF.
31. Santos, V. G. F., Santos, V. R. F., Felipe, L. J. C., Almeida, J. W., Bertuzzi, R., Kiss, M. A. P. D. M., & Lima-Silva, A. E. (2014). Caffeine reduces reaction time and improves performance in simulated-contest of taekwondo. *Nutrients*, 6(2), 637-649.
32. Sant'Ana, J., Franchini, E., da Silva, V., & Diefenthaler, F. (2017). Effect of fatigue on reaction time, response time, performance time, and kick impact in taekwondo roundhouse kick. *Sports Biomechanics*, 16(2), 201-209.
33. Shelton, J., & Kumar, G. P. (2010). Comparison between Auditory and Visual Simple Reaction Times. *Neurociencia y Medicina*, 1, 30-32. <http://dx.doi.org/10.4236/nm.2010.11004>
34. Sigereth, P., & York, N. (1954). A Comparison of Certain Reaction Times of Basketball Players and Non-Athletes. *The Physical Educator*, 11, 515-53.
35. Soto, J. (2016). *Evaluación del tiempo de reacción en velocistas con y sin discapacidad auditiva: aplicaciones para la inclusión* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid.
36. Suárez, E. (2010). *Consideraciones acerca del desarrollo de la velocidad en taekwondo*. Recuperado de <http://sobretae-kwondo.com/preparacion-fisica/211-consideracionesacerca-del-desarrollo-de-la-velocidad-en-el-taekwondo>

37. Vences, A. V., Silva, C., Cid, L., Ferreira, D., & Marques, A. (2011). Atención y tiempo de reacción em practicantes de karate Shotokan. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 6(1), 141-156.
38. Willmore, J., & Costill, D. (2007). *Fisiología del esfuerzo y deporte*. Barcelona: Paidotribo.