

Escalas de medición del tiempo de reacción visual y auditiva en deportes relacionados

Visual and auditory reaction time measurement scales in related sports

Gustavo Ramón Suárez¹, Jorge Jaime Márquez Arabia², Samuel Gaviria Alzate³,
Diana Teller⁴, Manuela Calderón⁴, Lina Vargas⁴, Yilmar García⁵

1. Licenciado en Educación Física; Médico Cirujano; Magister en Educación Física con mención en Fisiología del Ejercicio; Doctor en Educación Física con énfasis en Biomecánica Deportiva. Docente Universidad de Antioquia, Colombia.

gustavo.ramon@udea.edu.co

2. Médico Cirujano, Especialista en Medicina Aplicada a la Actividad Física y el Deporte, Anestesiólogo. Docente Universidad de Antioquia, Colombia. jorge.marquez@udea.edu.co

3. Bioingeniero, Magister en Ingeniería Deportiva. Docente Universidad de Antioquia y Universidad de San Buenaventura, Colombia. samuel.gaviria@usbmed.edu.co

4. Estudiantes del programa Profesional en Entrenamiento Deportivo, Instituto Universitario de Educación Física y Deporte, Universidad de Antioquia, Colombia. diana.teller@udea.edu.co, manuela.calderon@udea.edu.co, linaf.vargas@udea.edu.co

5. Estudiante de Licenciatura en Educación Física, Instituto Universitario de Educación Física y Deporte, Universidad de Antioquia, Colombia. yilmar.garcia@udea.edu.co

Grupo de Investigación Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte GRICAFDE.

Resumen

Problema: aunque en la literatura se encuentran estudios que miden el tiempo de reacción visual y auditivo, no se encuentran protocolos de interpretación de estas variables para aplicarlos en deportistas cuya práctica dependa de esta capacidad. **Objetivo:** establecer escalas de interpretación de los tiempos de reacción visual y auditiva en deportes que utilizan el tiempo de reacción auditivo (salidas de velocidad en atletismo), y en deportes que utilizan el tiempo de reacción visual (deportes de combate como taekwondo, karate, boxeo, esgrima). **Método:** estudio de carácter exploratorio, descriptivo, comparativo y correlativo en el que se seleccionó una muestra de 97 deportistas de atletismo, karate-do, taekwondo, esgrima y boxeo. Se utilizaron diferentes instrumentos (REAC, videocámara, Kinovea) para obtener los datos y fueron analizados con el programa SPSS V23. El estudio cumplió con los protocolos de Helsinki y del Ministerio de Salud de Colombia. **Resultados:** se encontraron valores (mediana: milisegundos) para el tiempo de reacción visual de las manos de 179 y para la reacción auditiva entre 171 y 167 ms; el tiempo de acción para las manos estuvo entre 208 y 213 ms; el tiempo de acción visual pédica estuvo entre 225 y 217 ms; el tiempo de acción auditiva pédica estuvo entre 212 y 208 ms. Al comparar los datos, se encontraron

diferencias significativas (prueba de Wilcoxon): a) entre los tiempos de reacción y acción de las manos ($p < 0.05$), siendo menor el tiempo de la mano derecha; b) entre el tiempo de acción en la vía auditiva ($p < 0.5$), siendo menor el tiempo para la mano derecha; c) el tiempo de reacción visual pódico fue menor en el pie izquierdo; d) el tiempo de acción fue menor para el pie derecho; e) el tiempo de reacción auditiva fue menor para el pie izquierdo; y f) el tiempo de acción auditivo fue menor para el pie derecho. **Conclusión:** el tiempo de reacción y de acción, tanto visual como auditivo, difieren en sus valores. Los deportistas pueden desarrollar en mayor intensidad algunos de estos tiempos, por lo que se hace necesario separar cada uno de sus valores. Los valores obtenidos en el laboratorio se correlacionan aceptablemente con los valores obtenidos en las pruebas de campo (rho Spearman entre 0.325 y 0.524 $p < 0.05$), por lo que pueden ser utilizados para el control y seguimiento de los atletas.

Abstract

Problem: although there are studies in the literature that measure visual and auditory reaction time, there are no protocols for interpreting these variables to apply them to athletes whose practice depends on this ability. **Objective:** to establish interpretation scales of visual and auditory reaction times in sports that use auditory reaction time (speed starts in athletics), and in sports that use visual reaction time (combat sports such as taekwondo, karate, boxing, fencing). **Method:** exploratory, descriptive, comparative and correlative study in which a sample of 97 athletes from athletics, karate-do, taekwondo, fencing and boxing was selected. Different instruments (REAC, video camera, Kinovea) were used to obtain the data and they were analyzed with the SPSS V23 program. The study complied with the Helsinki and Colombian Ministry of Health protocols. **Results:** values were found (median: milliseconds ms) for the visual reaction time of the hands of 179 and for the auditory reaction between 171 and 167 ms; the action time for the hands was between 208 and 213 ms; the time of pedic visual action was between 225 and 217 ms; the auditory pedic action time was between 212 and 208 ms. When comparing the data, significant differences were found (Wilcoxon test): a) between the reaction and action times of the hands ($p < 0.05$), the time of the right hand being shorter; b) between the action time in the auditory pathway ($p < 0.5$), the time for the right hand being shorter; c) pedic visual reaction time was shorter in the left foot; d) the action time was shorter for the right foot; e) the auditory reaction time was shorter for the left foot; and f) the auditory action time was shorter for the right foot. **Conclusion:** reaction time and action, both visual and auditory, differ in their values. Athletes can develop some of these times in greater intensity, so it is necessary to separate each of their values. The values obtained in the laboratory are acceptably correlated with the values obtained in the field tests (rho Spearman between 0.325 and 0.524 $p < 0.05$), so they can be used for the control and monitoring of athletes.

Introducción

Planteamiento del problema

En el campo del entrenamiento deportivo actual, las capacidades condicionales y coordinativas se desarrollan a partir del conocimiento de sus valores máximos. Así, por ejemplo, en un plan de desarrollo de la fuerza de extensores de rodilla se requiere conocer el valor de una repetición máxima (RM) de los músculos implicados en dicho movimiento (González & Sánchez, 2010). Con estos valores se establece el grado de desarrollo del deportista y de la misma manera se establecen los rangos de intensidad con los cuales se aplicará el proceso de entrenamiento (por ejemplo, repeticiones al 40% de RM o al 80% de RM).

Yüksel y Tunç (2018) examinaron los tiempos de reacción visual y auditiva de los jugadores de bádminton de selecciones nacionales menores de 15 años, que participaron en los V Juegos Deportivos Infantiles Internacionales Rumi de diferentes países. Las selecciones serbias clasificadas entre las tres primeras del torneo tuvieron los valores de tiempo de reacción más bajos (mejores) tanto en hombres como en mujeres, y los jugadores de los tres primeros países presentaron el mejor tiempo de reacción. Concluyeron que el tiempo de reacción juega un papel importante para el éxito y estimaron que es una necesidad que los programas de entrenamiento incluyan ejercicios para la mejora del tiempo de reacción, teniendo en cuenta los rasgos característicos del deporte.

El tiempo de reacción visual o auditivo se considera una de las capacidades condicionales relacionadas con la velocidad y la coordinación. En el deporte, la necesidad de investigar el tiempo de reacción tiene numerosas justificaciones por la implicación en el entrenamiento y en el ámbito técnico-táctico (Robles, 2014). Es una capacidad básica en aquellos de tiempo y marca, como las pruebas de 100m y 200m en atletismo, o las salidas en natación en la prueba de 60m, donde el tiempo de reacción auditiva en respuesta al disparo de salida incide en que un deportista gane o pierda una prueba. En deportes de combate, tales como el karate, taekwondo, boxeo o esgrima, el tiempo de reacción ante los estímulos visuales es también un factor determinante del éxito o del fracaso. Aunque en la literatura se describen estudios que miden el tiempo de reacción visual y auditivo (Bhabhor et al., 2013; De Brito et al., 2011; Dube et al., 2015), no se encuentran protocolos de interpretación de estas variables para aplicarlos en deportistas cuya práctica dependa de esta capacidad; estos datos servirían para clasificar a los deportistas y para el control del entrenamiento, entre otras aplicaciones en el entrenamiento deportivo. En Laboratorio¹ se inició un pilotaje relacionado con esta problemática, el cual fue presentado en el III Congreso Internacional de Biomecánica, Expomotricidad 2015, pero requiere aumentar el tamaño de la muestra, tanto en número de deportistas como en deportes evaluados. En este pilotaje se estudiaron 12

¹ Laboratorio de Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte - Instituto Universitario de Educación Física y Deporte, Universidad de Antioquia. Colombia.

jóvenes karatekas a quienes se les midió el tiempo de reacción visual y auditivo con un protocolo de medición diseñado para tal efecto. Con estos datos se elaboraron escalas clasificatorias de dichas variables (Ramón et al., 2016), cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tiempo en percentiles de variables relacionadas con el tiempo de reacción visual y auditiva, en karatecas juveniles, tanto de la rama masculina como femenina.

MASCULINO		Tiempo de reacción visual mano derecha	Tiempo de reacción auditiva mano derecha	Tiempo de reacción visual mano izquierda	Tiempo de reacción auditiva mano izquierda	Tiempo de acción visual mano derecha	Tiempo de acción auditiva mano derecha	Tiempo de acción visual mano izquierda	Tiempo de acción auditiva mano izquierda
N	Válidos	15	15	15	15	15	15	15	15
Percentiles	Máximo	129	133	125	154	275	291	258	154
	90	131	153	138	154	292	314	288	154
	80	150	171	156	162	314	341	330	162
	70	153	177	169	165	327	351	356	165
	60	158	185	174	187	341	385	379	187
	50	162	191	187	204	350	420	408	204
	40	179	193	212	229	363	433	417	229
	30	196	210	223	252	387	439	433	252
	20	203	216	243	268	407	456	476	268
	10	229	273	256	553	415	516	530	553
	Mínimo	254	333	258	970	425	545	537	970

FEMENINO		Tiempo de reacción visual mano derecha	Tiempo de reacción auditiva mano derecha	Tiempo de reacción visual mano izquierda	Tiempo de reacción auditiva mano izquierda	Tiempo de acción visual mano derecha	Tiempo de acción auditiva mano derecha	Tiempo de acción visual mano izquierda	Tiempo de acción auditiva mano izquierda
N	Válidos	18	18	18	18	18	18	18	18
Percentiles	Máximo	146	129	141	146	346	321	325	146
	90	146	133	141	150	357	325	348	150
	80	154	145	154	160	375	356	360	160
	70	161	164	166	170	382	374	368	170
	60	173	171	171	173	385	381	380	173
	50	181	175	177	189	394	387	385	189
	40	186	175	189	195	410	400	400	195
	30	194	181	195	216	422	413	416	216
	20	211	199	209	241	441	433	436	241
	10	240	234	212	308	478	513	457	308
	Mínimo	266	245	216	312	500	633	487	312

Aunque en la literatura se encuentran estudios que miden el tiempo de reacción visual y auditivo, no se encuentran protocolos de interpretación de estas variables para aplicarlos en deportistas cuya práctica dependa de esta capacidad. El propósito de este trabajo es medir el tiempo de reacción visual y auditivo en deportistas y establecer escalas de interpretación respectivas.

Objetivo general

Establecer escalas de interpretación de los tiempos de reacción visual y auditiva en deportes que utilizan el tiempo de reacción auditivo (salidas de velocidad en atletismo), y en deportes que utilizan el tiempo de reacción visual (deportes de combate como taekwondo, karate, boxeo, esgrima).

Objetivos específicos

- Medir el tiempo de reacción-acción visual y auditivo en deportistas, tanto en condiciones de laboratorio como en condiciones de campo.
- Elaborar una escala de interpretación de los tiempos de reacción-acción visual y auditiva en los deportes relacionados.
- Comparar los tiempos por modalidad de estímulo (visual, auditivo), segmento corporal (mano, pie), lateralidad (derecho, izquierdo), género (masculino, femenino) y tipo de prueba (de campo, de laboratorio)
- Relacionar las pruebas de laboratorio con las pruebas de campo.

Marco teórico

El tiempo de reacción (TR) es considerado una cualidad casi independiente de las cualidades y/o capacidades físicas como la fuerza, velocidad, antropometría, maduración, entre otros; aunque se ha correlacionado con la frecuencia de movimientos y la fuerza manual (Brusque & Andrade, 2015; Martínez, 2003; Robles, 2014), es importante en la natación, atletismo y velocistas en general para el resultado final (Peinado et al., 2015). El tiempo de reacción y el tiempo de procesamiento asociado a éste, se compone cinco elementos: a) aparición de una excitación en el receptor (señal), b) transmisión de la excitación hacia el SNC, c) paso del estímulo a las redes nerviosas y formación de la señal eferente (etapa que requiere más tiempo, sobre todo en reacciones complejas), d) entrada de la señal del SNC en el músculo, y e) estimulación del músculo provocando una actividad mecánica (Zatsiorsky, 1995).

El tiempo de reacción desempeña un papel importante en acciones deportivas individuales, llegando a ser un factor determinante a la hora de decidir quién realiza un movimiento o una técnica con mayor o menor rapidez. En los deportes de contacto, el tiempo de reacción es fundamental ya que ocurren movimientos rápidos, en una distancia corta, donde hay que estar muy atentos a cualquier acción del oponente, y de un momento a otro se puede marcar la diferencia en el combate (Chaabène et al., 2014; Hernández & García, 2013; Santos et al., 2014).

Suárez (2010) y Hernández y García (2013) sugieren medir el tiempo de reacción en los entrenamientos de los deportistas, para así poder establecer mejoras a futuro. Para ellos, el entrenamiento del tiempo de reacción es necesario unirlo 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.

Por su importancia, el paradigma del tiempo de reacción está ampliamente tratado en el deporte actualmente, dada su importante implicación como variable dependiente del resultado obtenido, de la velocidad gestual, del patrón de coordinación neuro-motora

implicado en la ejecución motriz y como medida indirecta de la toma de decisiones realizadas (Robles, 2014).

En la literatura se encuentran múltiples definiciones sobre tiempo de reacción, así como diversas denominaciones, como velocidad de reacción, respuesta de reacción o tiempo de latencia, con diferencias mínimas, indicando que la más adecuada es que el tiempo de reacción es aquel que transcurre entre la aparición del estímulo y la realización de la respuesta (Brusque & Andrade, 2015; Pérez et al., 2011; Robles, 2014).

Se han realizado varias clasificaciones del tiempo de reacción. Las iniciales, aportadas o usadas por Nakamura (1934, citado por Robles, 2014) y Clarke y Glines (1962, citados por Robles 2014), lo clasifican como *tiempo de reacción simple* al ejecutado con las manos, frente al *tiempo de reacción corporal*, realizado con todo el cuerpo. Una segunda clasificación está determinada por el criterio sensorial de percepción del estímulo, que puede ser visual, auditivo, táctil y kinestésico. En este sentido, Sigereth y York (1954, citados por Robles 2014) estudian el tiempo de reacción óculo-manual y óculo-podal. Otras clasificaciones importantes están determinadas en función del número de alternativas o asociaciones estímulo-respuesta, como las desarrolladas por Woodworth y Scholoberg (1954, citados por Robles, 2014), llamando reacción simple a aquella que tiene un estímulo uniforme y provoca una respuesta también uniforme, frente a la reacción compleja, en la que hay una reacción disyuntiva o de elección en la que se presentan diferentes estímulos que puedan demandar diferentes respuestas.

Con relación a la localización segmentaria de la respuesta motora, el tiempo de reacción se puede clasificar en *tiempo de reacción corporal* (del miembro inferior o de cualquiera 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* (Brusque et al., 2015; Pérez et al., 2011; Robles, 2014).

Diversos factores influyen sobre el tiempo de reacción; unos *dependen del sujeto*, como 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 (cafeína, alcohol, medicamentos), el tipo y el nivel de deporte (Pérez et al., 2011; Robles, 2014; Santos y col., 2014). Otros se *relacionan con el estímulo*, como las características físicas del estímulo, la posición inicial, el medio de transmisión del estímulo, la intensidad del estímulo, el ante período, la complejidad del movimiento o la influencia del color en el estímulo (Robles, 2014). Otros se relacionan con el sistema aferente de percepción, elaboración y sistema de respuesta. Respecto a los factores neurológicos que influyen sobre el tiempo de reacción se encuentran el órgano receptor, la longitud de la vía sensorial, el tipo de axones o el número de sinapsis (Pérez et al., 2011; Robles, 2014).

En algunos casos, la respuesta ante un estímulo auditivo es más rápida que ante otro tipo de estímulo y, más concretamente, que ante un estímulo visual. Ashoke et al. (2010) reportan que el estímulo auditivo tardaba de 8 a 10 milisegundos (ms) para llegar al cerebro, mientras el estímulo visual registró 20-40 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 20-30 ms (Pérez et al., 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 et al., 2011; Robles, 2014). Ashoke et al. (2010) encontraron que los valores medios del tiempo de reacción auditivo fueron los más bajos, y los de tiempo de reacción táctil, los más altos de todos los grupos.

Las dos vías sensoriales, tanto visual como auditiva, tienen el mismo tipo de axón y la misma velocidad de conducción aproximada (30-120 ms), variando la distancia recorrida del estímulo y número de sinapsis (Pérez et al., 2011). 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. Aparentemente, el estímulo visual debe ser más rápido que el auditivo. El cerebro necesita un periodo mínimo de captación del estímulo visual de 60-70 ms para poder así interpretar, y posteriormente establecer la respuesta y ejecutarla, lo que, junto a la fiabilidad del instrumento utilizado, daría lugar al tiempo de reacción.

En la actividad deportiva, el tiempo de reacción tiene importancia, siendo fundamental un tiempo de reacción corto en pruebas deportivas de velocidad, en las que, como respuesta a un estímulo –normalmente acústico–, se origina un tiempo de reacción simple que puede establecer una ventaja difícil de recuperar entre deportistas con tiempos de reacción más corto y de mayor duración, siendo un componente relevante de las pruebas de velocidad (Pérez et al., 2011). El promedio del tiempo de reacción auditivo, que tiende a ser el más rápido, está alrededor del 170 ms y, por tanto, las latencias por debajo de este valor, en cualquier modalidad sensorial, pueden considerarse anticipatorias. Sin embargo, otros estudios que fundamentan las salidas en atletismo de alto nivel indican que dicho tiempo de

latencia puede ser de 100 ms o incluso menores (Fernández, 2010; Pain & Hibbs, 2007; Pérez et al., 2011).

Instrumentos para medir el tiempo de reacción

Inicialmente en los estudios se empleaban instrumentos de fabricación propia; luego, los estudios se realizaron con instrumentos fabricados comercialmente y validados. Contar con un instrumento creado para la medición de una prueba tiene la ventaja de ser más específico a la misma, pero presenta el inconveniente de no estar contrastado y validado en un proceso de fabricación en serie. Los aparatos de uso comercial tienen la ventaja de la validez, pero el inconveniente de no ser, a menudo, lo suficientemente específicos. Varios instrumentos para medir el TR se han propuesto, evolucionando 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 (Brusque & Andrade, 2015; Hernández & García, 2013; Barnard College, 2021; Robles, 2014).

Un ejemplo de medición del tiempo de reacción es el que se realiza mediante el test del bastón o usando plataformas de fuerza o contactos. Para la velocidad y el tiempo de reacción pueden utilizarse celdas fotoeléctricas o transductores de contacto en la salida en deportes como natación y atletismo. Por otro lado, se utilizan los reacciómetros, que funcionan emitiendo una señal auditiva o visual, a la que el sujeto debe responder de forma rápida. Existen reacciómetros de reacción simple y de reacción compleja, que se han utilizado para la evaluación del tiempo de reacción específico en distintas disciplinas deportivas, como el *imPACT* y el *Dynavisión D2*. Otro sistema más sofisticado es el uso de cámara de vídeo que permite registrar cualquier tipo de respuesta motriz, pero requiere un análisis posterior de las imágenes, siendo este sistema más costoso, pero más específico al gesto particular estudiado. Se usan cámaras de alta velocidad, hasta con una frecuencia de 20.000 frames por segundo (frame o fotograma 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 a medir (pelotas o balones de distintos deportes, pruebas de balística). Este 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 el tratamiento de los datos (Brusque & Andrade, 2015; Barnard College, 2021; Robles, 2014; Hernández & García, 2013).

Independientemente del instrumento utilizado para medir el tiempo de reacción, es fundamental controlar las variables estudiadas para que los resultados puedan ser útiles científicamente, evitando las circunstancias que afecten los resultados de forma no deseada. Algunas variables controladas en distintos estudios son: ruido externo, ruido de los aparatos de medición, hora de la medida, luminosidad del estímulo y las instalaciones, nivel de actividad física y activación psicológica y fisiológica, posición de inicio y efecto de aprendizaje.

Los métodos de control de las variables contaminantes más importantes pueden ser evitar que dichas circunstancias afecten al individuo (ruido, temperatura, cansancio, etc.), registrar y –mediante un tratamiento estadístico– eliminar su efecto o convertirlas en variables independientes del estudio, hacer que incidan de igual modo en todos los sujetos (realizando el estudio a las mismas horas o en las mismas condiciones) o a todos los grupos de estudio (midiendo a todos en las mismas condiciones) y controlar todas las circunstancias externas como la temperatura, las condiciones lumínicas y la humedad de las instalaciones (Martínez, 2003; Robles, 2014).

Según Núñez (2006), el tiempo de reacción inespecífico es el que alcanza un sujeto ante un estímulo no específico en su deporte y ante el cual no ha entrenado una respuesta determinada; lleva implícito la no existencia de una huella mental específica para reaccionar ante dicho estímulo. En un estudio realizado con 201 deportistas, cuyo nivel de rendimiento osciló entre alto y bajo rendimiento, con 169 karatecas y 32 sujetos no practicantes de karate, el tiempo de reacción no mostró diferencias significativas entre individuos entrenados y no entrenados (Robles, 2014). Por otra parte, el tiempo de reacción específico es aquel para el cual el sujeto ha desarrollado una vía nerviosa ante los distintos elementos claves que él considera de referencia, determinantes para desarrollar la reacción entrenada (Robles, 2014).

Se han realizado estudios en el ámbito de programas de aprendizaje en el tiempo de reacción (Abrahamse & Noordzij, 2011; Borysiuk & Sadowski, 2007; Runigo et al., 2010), oculometría en artes marciales y estrategias visuales (Peñaloza, 2007), tiempo de reacción en esgrima (Martínez et al., 2011), tiempo de reacción en karate y taekwondo (Hernández & García, 2013; Vences et al., 2011), tiempo de ejecución de las técnicas (Hermann et al., 2008), tiempo de reacción y técnicas empleadas en judo (Carratalá et al., 2009; Lech et al., 2011).

Shelton y Kumar (2010) compararon el tiempo de reacción sencillo entre estímulo auditivo o visual y otros factores responsables de la mejora del rendimiento del deportista. Para ello analizaron 14 sujetos asignados al azar en grupos formados por dos miembros. Cada participante realizó pruebas visuales y auditivas. Las pruebas fueron tomadas desde el programa de software DirectRT instalado en un ordenador portátil. El software DirectRT toma los tiempos de reacción a los estímulos visuales y auditivos. Ambos miembros de cada grupo completaron los tiempos de reacción visual y auditivo. Los resultados mostraron que el tiempo medio de reacción visual fue de alrededor de 331 ms, en comparación con el tiempo de reacción auditiva media de alrededor de 284 ms. En conclusión, los autores afirman que el tiempo de reacción auditiva es más rápido que el tiempo de reacción visual; también los hombres tienen tiempos de reacción más rápidos, en comparación con las mujeres, para estímulos auditivos y visuales.

Pérez et al. (2011) estudiaron el tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales utilizando el programa SuperLab® en 79 voluntarios de los cuales 74% fueron hombres y 26%

mujeres, con una media de edad de 22.6 ± 3.7 años, encontraron que los estímulos visuales arrojaron una media de 0.322 ± 0.064 s., mientras que los sonoros presentaron una media fue de 0.349 ± 0.083 s., ($t(78) = -2.67$; $p = 0.009$), siendo menor para el estímulo visual. En cuanto al género, sólo se hallaron diferencias significativas respecto de los estímulos visuales ($t(77) = -2.65$; $p = 0.010$), lo que les hizo suponer que el tiempo de reacción puede estar influido por el género. El tiempo de reacción medio fue significativamente menor ante estímulos visuales que ante estímulos sonoros; además, los varones presentaron un tiempo de reacción significativamente más corto que las mujeres para el tiempo de reacción visual, no siendo significativas estas diferencias para el estímulo auditivo.

De Brito et al. (2011) analizaron la capacidad de atención y el tiempo de reacción en practicantes de karate. Seleccionaron 96 karatecas Shotokan federados, pertenecientes al Centro Portugués de Karate, quienes fueron evaluados en tiempo de reacción simple (TRS), tiempo de reacción de elección (TRE), tiempo de decisión (TD) y atención distribuida (AD). Los datos fueron analizados de acuerdo con la edad de los karatecas (15-19, 20-35 y +35 años), graduación (9º-4º kyu, 3er-1er kyu, *dan*) y género (masculino y femenino). Para recoger los tiempos de reacción, 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 presentaron respuestas de 300 ms después del estímulo, sin existir diferencias significativas entre ellos. Con relación al TRE y TD, los karatecas con graduación de *dan* y más de 35 años presentaron tiempos peores que los restantes grupos. Por otro lado, los karatecas con mayor graduación (*dan*) y más de 35 años tendieron a cometer menos errores en sus elecciones. La variable género no influyó significativamente al tiempo de reacción de los practicantes, aunque las mujeres evaluadas tendieron a reaccionar más rápidamente que los hombres. En cuanto a la AD, no hubo diferencias significativas en función de la graduación del atleta ni en función del género. Encontraron diferencias estadísticamente significativas en función de la edad, pues los atletas mayores presentaron niveles inferiores de atención distribuida.

Los deportes de combate como el taekwondo han evolucionado en los últimos años y se ha resaltado la importancia del tiempo de reacción (Ríos, 2011). A nivel técnico, 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, siendo necesario el trabajo de reacción, como la reacción óculo-manual (Hernández & García, 2013).

Taware et al. (2012) estudiaron el efecto de la edad en los tiempos de reacción auditiva, visual y del cuerpo completo, en 120 varones sanos, normales, distribuidos en cuatro grupos de acuerdo con la edad y su tiempo de reacción audio-visual y del cuerpo. Se encontró que el tiempo de reacción audiovisual y la reacción del cuerpo entero aumenta a medida que

avanza la edad y el retraso del tiempo medio de reacción audiovisual de todo el cuerpo fue significativamente diferente entre los grupos de edad. El efecto del envejecimiento sobre la mielinización de las neuronas puede ser la posible causa de esta observación. Como conclusión, afirman que el retraso en el tiempo de reacción audiovisual de todo el cuerpo en estos sujetos sugiere que ellos deben ser más cautelosos durante los movimientos generales, así como durante la conducción.

Nikam y Gadkari (2012) estudiaron el efecto de la edad, género y el índice de masa corporal (IMC) sobre el tiempo de reacción Visual (VRT) y auditiva (ART). Para ello seleccionaron 30 varones y 30 mujeres entre 18-20 años, junto con 30 hombres y 30 mujeres entre los 65-75 años. El análisis estadístico mostró que el IMC, VRT y ART fueron significativamente mayores en los participantes de mayor edad que en los individuos jóvenes. Las mujeres tuvieron mayor índice de masa corporal y los tiempos de reacción fueron 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.

Ng y Chan (2012) investigaron el tiempo de respuesta del dedo a estímulos visuales, auditivos y táctiles en el contexto de hombre-máquina. Un total de 94 participantes chinos diestros, entre 11 y 60 años participaron en el estudio. Una vez presentado un número, los participantes presionaron el número correspondiente en el teclado con su dedo derecho o medio izquierdo tan pronto les fue posible. En la prueba de estímulos táctiles, los estímulos se produjeron a través de un vibrador que se llevaba en la muñeca derecha de los participantes o pierna derecha cerca del tobillo. Una vez que los participantes detectaban la vibración, presionaban la tecla del número 8 con su dedo derecho medio lo más rápidamente posible. El resultado mostró que el tiempo de respuesta a los estímulos táctiles fue significativamente más corto, seguido por los estímulos auditivos y luego los estímulos visuales. Los tiempos de respuesta de estímulos táctiles fueron 28% y 34% más cortos que los de estímulos visuales y auditivas respectivamente, y el tiempo de respuesta auditiva fue 5% más corto que el de los estímulos visuales. La ubicación de vibrador táctil no tuvo influencia significativa en el tiempo de respuesta. Factores como la edad, el género, el nivel de educación, el tiempo dedicado a la computadora, el dedo izquierdo o derecho, presentaron efectos significativos en el tiempo de respuesta a los estímulos visuales y auditivos. El tiempo de respuesta disminuyó con un aumento de la edad hasta los 21-30 años, y a partir de entonces se incrementaron gradualmente con un aumento de la edad. Se encontraron mujeres más rápidas que los hombres. La respuesta de los grupos de educación terciaria y secundaria fue más rápida que la del grupo de educación primaria. Entre más largo fue el tiempo dedicado a la informática en la vida cotidiana, más corto fue el tiempo de respuesta. Además, el tiempo de respuesta del dedo derecho fue más corto que el del dedo izquierdo. La respuesta a una tarea de una sola elección fue el más rápido, seguido por la tarea de dos alternativas, seguido por tareas de cuatro y ocho alternativas.

Ghuntla et al. (2012) midieron el tiempo de reacción visual en 50 jugadores de baloncesto y 50 sujetos de control sanos. El tiempo de reacción se midió con un aparato de opción múltiple 653MP (aparato de tiempo de reacción), con precisión de ± 0.001 segundos. El tiempo de reacción visual se midió en dos categorías: 1) tiempo de reacción simple, donde cada sujeto tenía que responder a los estímulos visuales por clave, y 2) tiempo de reacción de elección, donde cada sujeto tenía que responder a diferentes estímulos de color pulsando la tecla correspondiente. El estudio mostró que los jugadores de baloncesto presentaron un tiempo de reacción más rápido (0.136 ± 0.026) que los sujetos de control sanos (0.156 ± 0.026). Concluyeron que el tiempo de reacción da la información de la rapidez con que una persona da respuesta a los estímulos sensoriales y es un buen indicador del rendimiento en los deportes reactivos como el baloncesto.

Rattray y Smee (2013) analizaron el efecto que el ejercicio tiene sobre la función ejecutiva evaluada a través de una tarea basada en una prueba con una Tablet. Veinte participantes activos sanos se ofrecieron a participar en un diseño aleatorio totalmente controlado. Los participantes realizaron una prueba inicial de la capacidad aeróbica máxima, así como el umbral ventilatorio durante una prueba incremental. Una Tablet PC de pantalla táctil se colocó en el centro de los manillares de la banda en un ángulo de aproximadamente 45° . Se pidió a los participantes completar una tarea cognitiva (respuesta-inhibición) (velocidad de ajuste, Lumos Labs Inc.) en los tiempos establecidos. Se realizó un ensayo previo de familiarización completa, donde los participantes completaron ya sea el control (sin ejercicio) y en ejercicio (90% umbral ventilatorio (VT)) con ensayos en orden aleatorio. Durante una hora de ensayos, la tarea cognitiva se llevó a cabo antes, durante y después de la intervención. Se registraron las respuestas de tiempo de reacción y precisión de cada participante. Como resultado, encontraron que el ejercicio facilita el rendimiento en tareas de función ejecutiva, de tal manera que el tiempo de reacción fue mejorado sin ningún cambio en la precisión.

Bhabhor et al. (2013) midieron el tiempo de reacción visual en 209 sujetos, 50 jugadores de tenis de mesa y 159 sujetos de control sanos. El tiempo de reacción visual se midió por el software informatizado RT. Durante las pruebas de tiempo de reacción visual, los estímulos fueron dados durante 18 veces y el tiempo de reacción promedio fue tomado como el tiempo de reacción final. El estudio mostró que el tiempo de reacción visual simple de los sujetos sanos fue de 359.18 ± 80.725 ms, mientras que el de los tenistas fue de 273.96 ± 18.017 ms. En análisis multivariado, se encontró que los jugadores de tenis de mesa tenían 74.121 mseg de reacción más rápida (IC del 95%: 98,8 y 49,4 segundos) en comparación con los sujetos control de la misma edad e IMC. Jugar tenis de mesa tiene una profunda influencia en el tiempo de reacción visual más que el IMC. Los investigadores concluyeron que las personas que participan en deportes tienen buen tiempo de reacción en comparación con los controles.

Gavkare et al. (2013) estudiaron el tiempo de reacción en 50 sujetos sanos y 50 deportistas entre 18-25 años. El tiempo de reacción auditiva y visual se midió en ambas manos. El tiempo de reacción de todo el cuerpo se determinó para distintas direcciones (derecha, izquierda, frontal y volver). Encontraron una disminución significativa en el tiempo de reacción auditiva, visual y de todo el cuerpo en atletas. Concluyeron que un menor tiempo de reacción en atletas podrían deberse a una mejor concentración y el estado de alerta a una mejor coordinación muscular, lo cual mejora el rendimiento en velocidad y precisión. El tiempo de reacción en los movimientos específicos mejora como resultado de la extensa práctica de esos movimientos en los eventos deportivos.

Dube et al. (2015) compararon los tiempos de reacción visual (medido con una grabadora de tiempo de reacción visual después de familiarizar a los sujetos con el instrumento) de jugadores de bádminton vs. Sujetos de control de la misma edad. Participaron 50 jugadores masculinos de 18 a 22 años que practicaban 2-3 horas desde hace al menos 2 años. Como grupo control participaron 50 estudiantes varones sanos de la misma edad. Encontraron que el tiempo de reacción visual de ambas manos (dominante y no dominante) de jugadores de bádminton, fue significativamente menor que el del grupo de control, que no realizaban actividad deportiva.

Peinado et al. (2015) analizaron las diferencias en el tiempo de reacción ante un estímulo visual entre deportistas con discapacidad intelectual y sin discapacidad, y compararon las diferencias en función del género y el deporte practicado. Participaron 38 deportistas (19 con discapacidad intelectual y 19 sin discapacidad) divididos en función del deporte que practicaban: atletismo, natación, deportes colectivos, gimnasia y artes marciales. El instrumento utilizado fue el Dynavision D2, un reacciómetro visual que manda estímulos de forma sucesiva a los deportistas para que respondan de forma rápida. Se encontró que el tiempo de reacción fue menor en deportistas sin discapacidad, comparados con deportistas con discapacidad ($p < 0.05$), no apreciándose diferencias significativas en el tiempo de reacción entre sujetos con y sin discapacidad que realizaban artes marciales, ni al comparar cada grupo entre los distintos deportes practicados. Los valores medios de tiempo de reacción fueron mayores en hombres que en mujeres en ambos grupos, aunque no se apreciaron diferencias significativas entre ellos.

Método

Diseño: estudio de carácter exploratorio, descriptivo, comparativo y correlativo, en el que se pretendió establecer un protocolo de medición y clasificación de las variables tiempo de reacción-acción visual y auditivo en deportista de competencia que permita clasificarlos, compararlos y correlacionarlos para poder establecer criterios de selección o de entrenamiento de estas variables, de acuerdo con la modalidad deportiva donde fuese utilizado.

Población y muestra: población integrada por los deportistas pertenecientes a la Liga Antioqueña de Atletismo (velocistas de 100m), quienes dependen de reacción auditiva, y deportistas de las ligas antioqueñas de karate-do, taekwondo, esgrima y boxeo, que dependen de reacciones visuales. Muestra conformada por deportistas activos en esos deportes. Todos los participantes firmaron un acta de participación voluntaria y el estudio cumplió con los protocolos de Helsinki y del Ministerio de Salud de Colombia. La muestra final estuvo constituida por 97 atletas, con 291 unidades de análisis (tabla 2).

Criterios de Inclusión: deportistas afiliados a las ligas mencionadas, mayores de 18 años.

Criterios de exclusión: consumo crónico de medicamentos y tener enfermedades diagnosticadas

Variables generales: definición y medición (Figura 1)

1. *Tiempo de reacción viso-manual.* Tiempo entre la aparición del haz de luz y el movimiento de alguna parte de la mano. Para su medición se empleó el equipo REAC, que genera un rayo de luz a voluntad del investigador, y una cámara de video CANON SX260 240fps. El sujeto, sentado cómodamente en un escritorio con la mano reposando en el mismo, cuando vio el haz de luz, movió su mano para tocar un objeto colocado a 25 cm. Con la cámara de alta velocidad se filmó esta actividad y se determinó el tiempo transcurrido mediante el software Kinovea v 8.1

2. *Tiempo de acción viso-manual.* Tiempo entre el inicio del movimiento de la mano y el tiempo en que toca un objeto colocado a 25 cm. Para su medición se empleó el equipo REAC, que genera un rayo de luz a voluntad del investigador, y una cámara de video CANON SX260 240fps. El sujeto, sentado cómodamente en un escritorio con la mano reposando en el mismo, cuando vio el haz de luz, movió su mano para tocar un objeto colocado a 25 cm. Con la cámara de alta velocidad se filmó esta actividad y se determinó el tiempo transcurrido mediante el software Kinovea v 8.1.

3. *Tiempo de reacción auditivo-manual.* Tiempo entre la aparición del sonido (simultaneo con la aparición del haz de luz) y el movimiento de alguna parte de la mano. Se empleó el mismo protocolo descrito para el tiempo de reacción visual, sólo que el equipo REAC emitió un sonido simultáneamente con el haz de luz. El sujeto estuvo vendado, por lo que sólo reaccionó al sonido. Con la cámara de alta velocidad se midió el tiempo entre el inicio del haz de luz y el movimiento de cualquier parte de la mano.

4. *Tiempo de acción auditivo-manual.* Tiempo entre el inicio del movimiento de la mano y el tiempo en el que el sujeto toca un objeto colocado a 25 cm.

5. *Tiempo de reacción viso-pédico.* Tiempo entre la aparición del haz de luz y el movimiento de alguna parte del pie. Para su medición se empleó el equipo REAC, que genera un rayo de luz a voluntad del investigador, y una cámara de video CANON SX260 240fps. El sujeto,

sentado cómodamente en un escritorio con el pie reposando en el piso, una vez vio el haz de luz, movió su pie para tocar un objeto colocado a 25 cm. Con la cámara de alta velocidad se filmó esta actividad y se determinó el tiempo transcurrido mediante el software Kinovea v 8.1

6. *Tiempo de acción viso-pédico.* Tiempo entre el inicio del movimiento del pie y el tiempo en que el sujeto toca un objeto colocado a 25 cm.

7. *Tiempo de reacción auditivo-pédico.* Tiempo entre el inicio del estímulo auditivo (asociado a la aparición de un haz de luz) y el movimiento de alguna parte del pie. Para su medición se empleó el mismo protocolo descrito para el tiempo de reacción visual, sólo que el equipo REAC emitió un sonido simultáneamente con el haz de luz. El sujeto estuvo vendado, por lo que sólo reaccionó al sonido. Con la cámara de alta velocidad se midió el tiempo entre el inicio del haz de luz y el movimiento de cualquier parte del pie.

8. *Tiempo de acción auditivo-pédico.* Tiempo entre el inicio del movimiento del pie y el tiempo en que el sujeto toca un objeto colocado a 25 cm.

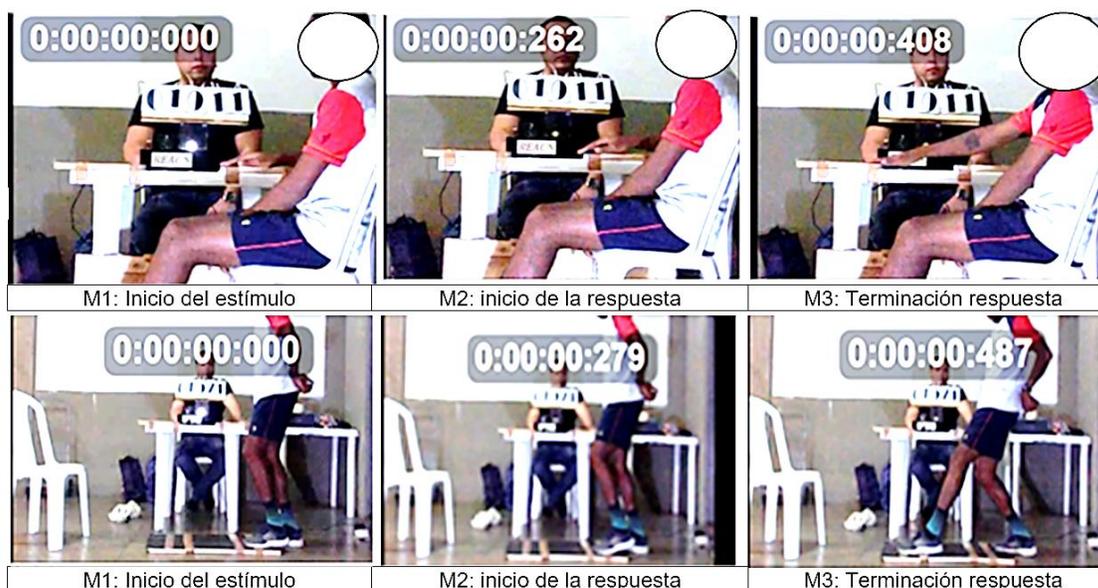


Figura 1. Momentos críticos para la evaluación del tiempo de reacción. En la parte superior, tiempo de reacción visual de la mano derecha. En la parte inferior, tiempo de reacción visual del miembro inferior izquierdo. En la parte superior de cada imagen está el registro del tiempo (en milisegundos).

Variables específicas

Atletismo: salida de velocidad 100m

1. *Tiempo de reacción auditivo-pédico.* Tiempo entre el estímulo sonoro (asociado a un estímulo de luz) y el inicio de movimiento del pie colocado en el taco posterior (para las pruebas de atletismo) o el pie atrasado en el caso de natación. Para su medición se empleó una adaptación del protocolo descrito para el tiempo de reacción auditivo-pédico, sólo que el sujeto no pudo mirar la luz puesto que estuvo agachado y el equipo colocado a su lado.

Con la cámara de alta velocidad se midió el tiempo entre el inicio del haz de luz y el movimiento de cualquier parte del pie.

2. *Tiempo de acción auditivo-pédico*. Tiempo entre el inicio de movimiento del pie colocado en el taco posterior y el despegue del pie del taco. Para su medición se empleó la cámara de alta velocidad para establecer el tiempo entre el inicio del movimiento del pie y el despegue del pie del taco

Karate-do, taekwondo, esgrima y boxeo

En karate y taekwondo se utilizaron dos de las técnicas más frecuentes, por derecha e izquierda, como los ataques directos con las manos y las piernas; en esgrima se utilizaron cinco pruebas (a pie junto, con pie adelantado, con fondo, flecha y arresto) (nombres adaptados del deporte); en boxeo se utilizaron seis pruebas: directo, gancho y uppercut con mano derecha; jab, gancho y uppercut con mano izquierda; en atletismo solo se utilizó la salida, con su típico estímulo auditivo. En todas ellas se midieron las siguientes variables.

1. *Tiempo de reacción viso (auditivo) - manual (pédico)*. Tiempo entre el estímulo lumínico y el inicio de movimiento de la mano. Para su medición se empleó una adaptación del protocolo descrito para el tiempo de reacción viso-manual, sólo que el sujeto no estuvo sentado sino en posición de ataque. Con la cámara de alta velocidad se midió el tiempo entre el inicio del haz de luz y el movimiento de cualquier parte de la mano.

2. *Tiempo de acción viso (auditivo) - manual (pédico)*. Tiempo entre el inicio de movimiento de la mano y la finalización de la técnica seleccionada. Para su medición se empleó una cámara de alta velocidad y se midió el tiempo.

3. *Velocidad de acción viso (auditivo) – manual (pédico)*. Relación entre el espacio recorrido y el tiempo utilizado en el movimiento.

Operacionalización de las variables

Tabla 1. Variables de la investigación, determinando el tipo de variable, el tipo de escala y la unidad de medición.

Variable	Tipo de variable	Tipo de escala	Unidad de medición
Edad	General	Continua	Años
Género	General	Nominal	1 = masculino; 2 =
Deporte	General	Nominal	Nombre del deporte
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 auditivo-manual	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción auditivo-manual	General	Continua	Milisegundos

Variable	Tipo de variable	Tipo de escala	Unidad de medición
Tiempo de reacción viso-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción viso-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de reacción auditivo-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción auditivo-pédico	General	Continua	Milisegundos
Tiempo de reacción visual (auditivo)-manual (pédico)	Específica	Continua	Milisegundos
Tiempo de acción visual (auditivo)-manual (pédico)	Específica	Continua	Milisegundos
Velocidad de acción visual (auditivo)-manual(pédico)	Específica	Continua	Milisegundos

Instrumentos

REAC: permite generar estímulos visuales y sonoros a voluntad del investigador, por separado o simultáneamente. Fue creado en el laboratorio del Instituto Universitario de Educación Física y Deporte de la Universidad de Antioquia, estando pendiente su patente.

Video cámara CANON SX260 240fps: captura 240 fotogramas por segundo, lo que es adecuado para el objetivo del estudio.

KINOVEA V 8.13: software de análisis de movimiento de libre adquisición. Se ha aplicado en artículos de investigación (Nor et al., 2018; Cáceres & Palacios, 2017; Criollo et al., 2018; Jiménez et al., 2020; Santafé et al., 2016). Joan Charmant es su creador y desarrollador, con una página donde explica y promueve el producto (kinovea.org/help/es/index.htm)

Ordenador: para el almacenamiento y procesamiento de los datos se utilizó un computador Hewlett-Packard®, con memoria RAM de 4Gb y capacidad de 1.5 TB.

Procedimiento

En primer lugar, se contactó a los entrenadores de las ligas para explicar los alcances de la investigación y posteriormente solicitarles la autorización para hacer la investigación. Seguidamente, a los deportistas, quienes decidieron participar voluntariamente previa explicación del proyecto de investigación, firmar el consentimiento informado y aclarar la participación voluntaria. La toma de datos se realizó de forma individual en las ligas deportivas. Las variables de carácter general se aplicaron a todos los deportistas; las variables específicas, sólo a los deportistas de los deportes específicos.

Las mediciones se realizaron bajo las siguientes condiciones: en el mismo sitio, a la misma hora del día, el mismo estímulo visual y auditivo, los deportistas no consumieron medicamentos, café ni alcohol durante el último día, el calentamiento fue igual previo a las pruebas (movimientos de activación general) y tuvieron un descanso previo de 48 horas.

La medición de las variables se realizó como se describió, después de seguir esta secuencia resumida:

1. Nueva explicación de la prueba.
2. Calentamiento individual de 5 minutos.
3. Realización de la prueba.

A cada sujeto se le filmaron tres intentos en cada variable y por cada segmento corporal. El tiempo de latencia entre el inicio de cada intento y el inicio del estímulo fue aleatoria, oscilando entre 0 y 5 segundos, a voluntad del testeador.

Manejo de los datos

Se tomaron todos los datos de las diferentes variables y se calcularon los deciles 1 al 9, (P10 a P90) junto con los valores mínimo y máximo, usando el programa SPSS V23. Para diferenciar los datos por género, lateralidad, deporte y tipo de estímulo, se recurrió a la estadística paramétrica siempre y cuando se cumpliera con el requisito de distribución normal de los datos. En caso contrario, se utilizó estadística no paramétrica.

Con el análisis de los datos resultante se construyó un baremo (escala basada en los deciles, el máximo y el mínimo) que determina el grado de desarrollo de cada variable estudiada, diferenciando por lado, género y deporte, cuando existieron diferencias significativas en el análisis previo.

Control de sesgos

- Manejo de equipos: se capacitó y comparó a dos operadores en manejo de cámara, digitalización de videos, obtención de datos y su respectiva exportación a hojas de Excel. No se encontraron diferencias significativas en estos procedimientos.
- Hora de la medida: los sujetos se evaluaron en la tarde, de 4 a 6 p.m., en los horarios de entrenamiento.
- 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 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 explicó cada prueba, realizando los intentos necesarios hasta no cometer errores. En cada prueba realizaron tres intentos al máximo de sus posibilidades.

- Tamaño de la muestra: para calcular el tamaño de la muestra se empleó la fórmula propuesta por Martínez y col., (2011) $(n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{(e^2) \cdot (N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q})$. Como N se tomaron 1000 datos, $z = 1.96$, $p = 0.5$, $q = 0.5$, $e = 0.05$. El resultado arrojó un total de 278 muestras. De acuerdo con Pértegas y Pita (2002), el tamaño de muestra para establecer una correlación cuando se asume que la correlación es significativa, cuando $r = 0,4$ es de 47 sujetos ($n = \frac{(Z_{1-\alpha/2} - Z_{1-\beta})}{0,5 \ln \frac{(1+r)}{(1-r)}} + 3$). La muestra fueron 97 sujetos, con lo que se cumplió este requisito.

Aspectos éticos

El proyecto fue aprobado por el Centro de Investigaciones del Instituto Universitario de Educación Física y Deporte de la Universidad de Antioquia, mediante 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 retirarse de la investigación cuando lo desearan.

Resultados

Dadas las características de distribución no normal de los datos obtenidos, para la descripción de las variables en las tablas se calculó la mediana (Md), \pm rango intercuartílico (RIC), y frecuencias (n, %). Para la comparación y correlación de los datos se empleó la Rho de Spearman.

Tabla 2. Descripción de las variables sociodemográficas agrupadas por género. (n= número de datos; % = porcentaje; P = percentil; SE = socioeconómico; IMM = índice masa muscular).

Género	Estadísticos	Edad (años)	Masa (Kg)	Talla (cm)	IMM	Deporte	n	%	Estrato SE	n	%
Masculino N= 55 % = 56.7	Mediana	22	65	173	22	Esgrima	9	16,4	1	24	14,5
	25	20	60	169	20	Karate	13	23,6	2	42	25,5
	P 50	22	65	173	22	Taekwondo	16	29,1	3	66	40,0
	75	26	74	179	25	Boxeo	9	16,4	4	30	18,2
						Atletismo velocidad	8	14,5	5	3	1,8
						Total	55	100,0	Total	165	100,0
Género	Estadísticos	Edad (años)	Masa (Kg)	Talla (cm)	IMM	Deporte	n	%	Estrato SE	n	%
Femenino N= 42 % = 43.3	Mediana	21	56	160	21	Esgrima	12	28,6	1	12	9,5
	25	19	51	158	20	Karate	18	42,9	2	42	33,3
	P 50	21	56	160	21	Taekwondo	4	9,5	3	27	21,4
	75	23	62	167	23	Boxeo	1	2,4	4	33	26,2
						Atletismo velocidad	7	16,7	5	9	7,1
						Total	42	100,0	6	3	2,4
								Total	126	100,0	
Género	Estadísticos	Edad (años)	Masa (Kg)	Talla (cm)	IMM	Deporte	n	%	Estrato SE	n	%
General N= 97	Mediana	21	61	169	21	Esgrima	21	21,6	1	36	12,4
	25	20	54	160	20	Karate	31	32,0	2	84	28,9
	P 50	21	61	169	21	Taekwondo	20	20,6	3	93	32,0
	75	25	69	175	24	Boxeo	10	10,3	4	63	21,6
						Atletismo velocidad	15	15,5	5	12	4,1
						Total	97	100,0	6	3	1,0
								Total	291	100,0	

Tiempo de reacción-acción visual y auditivo: escalas percentilares para las variables de laboratorio

Tabla 3. Escala percentual de las variables de laboratorio para toda la muestra examinada.

	VISUAL						AUDITIVA					
	Mano Derecha			Mano izquierda			Mano Derecha			Mano izquierda		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	108	121	0,34	92	129	0,26	88	138	0,19	96	142	0,50
P10	146	163	0,90	146	171	0,84	137	168	0,82	130	183	0,80
P20	154	183	0,98	156	183	0,98	146	183	0,92	142	200	0,88
P25	158	188	1,02	158	192	1,02	150	196	0,97	146	208	0,92
P30	166	190	1,06	163	192	1,05	154	200	1,00	150	213	0,94
P40	174	200	1,15	171	204	1,11	163	216	1,05	158	221	1,02
P50	179	208	1,20	179	213	1,18	171	221	1,13	167	229	1,09
P60	192	217	1,25	183	225	1,22	175	238	1,16	172	246	1,13
P70	200	235	1,32	191	238	1,30	185	250	1,25	183	266	1,18
P75	208	246	1,33	196	246	1,30	192	258	1,28	188	271	1,20
P80	216	254	1,36	204	254	1,36	200	271	1,36	195	283	1,25
P90	236	279	1,54	225	296	1,46	225	304	1,49	208	313	1,36
Máximo	408	725	2,07	333	954	1,94	363	1313	1,82	363	500	1,76
	VISUAL						AUDITIVA					
	Pie Derecho			Pie izquierdo			Pie Derecho			Pie izquierdo		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	88	142	0,41	88	142	0,33	121	121	0,56	96	96	0,42
P10	176	192	0,80	170	196	0,78	167	196	0,77	159	200	0,72
P20	192	204	0,88	185	213	0,86	183	213	0,83	175	225	0,81
P25	196	208	0,92	192	221	0,88	188	221	0,87	183	229	0,86
P30	200	215	0,98	196	225	0,92	192	233	0,90	188	233	0,88
P40	217	224	1,03	208	237	0,95	204	242	0,95	196	246	0,94
P50	225	229	1,09	217	246	1,02	212	254	0,98	208	254	0,98
P60	233	242	1,11	229	263	1,05	225	263	1,03	221	267	1,02
P70	256	250	1,15	246	271	1,11	233	279	1,07	233	283	1,07
P75	263	266	1,20	254	283	1,14	246	288	1,13	242	292	1,09
P80	275	280	1,22	273	292	1,18	254	300	1,17	252	308	1,11
P90	307	308	1,30	300	321	1,28	279	325	1,27	279	346	1,25
Máximo	413	454	1,76	421	624	1,76	392	445	1,82	383	600	1,67

TR = tiempo de reacción; TA = Tiempo de acción; VM= Velocidad media; m/s= metros / segundo, P = Percentil.

Tiempo de reacción-acción visual y auditivo: escalas percentilares para las variables de campo (específicas)

Tabla 4. Escala percentual de las variables de campo (específicas) para la muestra de esgrima.

	Toque a pie junto			Toque con pie dominante adelantado			Toque con fondo			Flecha			Arresto		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	150	108	0,76	142	183	0,96	96	213	1,11	175	288	1,30	83	121	0,73
P10	183	133	0,99	202	203	1,11	206	258	1,39	235	348	1,57	197	150	1,17
P20	200	145	1,17	224	253	1,39	220	292	1,49	253	378	1,71	213	170	1,29
P25	208	150	1,26	233	263	1,43	225	313	1,58	258	404	1,76	213	175	1,32
P30	213	155	1,32	233	267	1,46	233	327	1,61	263	413	1,85	221	179	1,46
P40	225	165	1,42	248	294	1,49	240	354	1,71	271	440	1,93	233	188	1,56
P50	246	175	1,47	254	313	1,60	250	392	1,79	288	471	1,99	238	204	1,74
P60	254	188	1,55	271	333	1,67	260	418	1,89	298	502	2,07	250	225	1,85
P70	283	200	1,62	292	354	1,91	271	433	2,17	328	565	2,29	258	241	2,00
P75	288	208	2,02	296	388	1,97	304	438	2,22	342	646	2,30	271	250	2,17
P80	300	213	2,30	309	405	2,25	309	447	2,37	354	675	2,44	288	263	2,24
P90	332	246	3,09	375	433	2,63	351	469	2,64	378	703	2,77	317	298	3,18
Máximo	383	308	6,09	613	538	4,85	763	504	4,94	542	775	4,28	779	338	5,11

Tabla 5. Escala percentual de las variables de campo (específicas) para toda la muestra de karate.

	Gyaku zuki						Mae geri						Mawashi geri					
	Mano derecha			Mano izquierda			Pie derecho			Pie izquierdo			Pie derecho			Pie izquierdo		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	146	138	1,18	221	254	4,00	46	150	1,05	146	71	2,63	192	254	4,08	321	300	2,50
P10	173	150	2,77	283	275	4,84	231	193	3,19	185	156	3,15	259	293	4,90	418	328	3,38
P20	195	174	3,03	296	300	5,11	329	260	3,50	200	175	3,44	298	313	5,07	470	342	3,62
P25	200	175	3,10	302	310	5,20	394	327	3,61	204	188	3,55	313	326	5,17	485	357	3,80
P30	204	180	3,16	304	326	5,32	425	355	3,66	208	193	3,67	321	338	5,45	496	392	4,25
P40	215	192	3,45	313	338	6,03	454	383	3,86	232	207	4,06	325	351	5,74	518	435	4,76
P50	225	200	3,73	325	354	6,19	475	438	4,22	271	221	4,38	333	369	6,14	542	469	5,11
P60	235	206	4,12	348	363	6,45	504	464	4,73	298	231	4,75	345	395	6,57	571	495	5,29
P70	258	217	4,51	362	375	6,71	521	499	5,06	328	249	5,01	359	404	6,84	596	525	5,64
P75	269	221	4,57	365	390	6,80	531	513	5,24	350	281	5,25	376	410	7,07	608	540	5,84
P80	276	225	4,71	376	409	7,09	546	535	5,52	355	305	5,45	389	420	8,17	623	563	6,25
P90	319	251	4,96	404	433	8,68	600	590	6,53	417	359	6,53	433	446	9,36	654	602	7,33
Máximo	442	567	6,65	504	458	10,36	833	742	8,90	796	563	10,23	546	529	10,51	746	738	9,98

TR = tiempo de reacción; TA = Tiempo de acción; VM= Velocidad media; m/s= metros / segundo, P = Percentil.

Tabla 6. Escala percentual de las variables de campo (específicas) para toda la muestra de taekwondo.

	Gyaku zuki						Mae geri					
	Mano derecha			Mano izquierda			Pie derecho			Pie izquierdo		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	96	121	1,16	146	225	4,08	38	88	1,36	213	238	2,45
P10	163	146	2,56	209	234	5,19	176	146	2,80	268	255	5,17
P20	197	154	2,95	247	254	6,14	205	159	3,18	285	263	6,30
P25	201	158	3,13	264	263	6,56	208	168	3,39	304	267	6,56
P30	205	164	3,17	279	267	6,70	217	172	3,78	308	268	6,65
P40	214	171	3,43	304	275	7,39	235	179	4,08	321	275	7,15
P50	235	192	3,89	325	279	7,90	265	196	4,48	338	281	7,63
P60	250	229	4,60	346	283	8,96	292	215	4,88	357	290	8,56
P70	267	253	5,18	368	296	9,34	300	238	5,18	377	296	9,29
P75	273	272	5,29	375	308	9,64	314	250	5,27	383	300	9,58
P80	290	317	5,37	388	308	10,04	358	262	5,42	398	308	9,67
P90	304	487	5,94	423	341	10,85	400	332	5,95	449	346	10,00
Máximo	375	617	7,17	600	441	11,59	474	724	8,57	471	720	11,69

TR = tiempo de reacción; TA = Tiempo de acción; VM= Velocidad media; m/s= metros / segundo, P = Percentil.

Tabla 7. Escala percentual de las variables de campo (específicas) para toda la muestra de boxeo.

	Mano derecha									Mano izquierda								
	Directo			Gancho			Uppercut			Jab			Gancho			Uppercut		
	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	V (m/s)
Mínimo	125	138	0,71	100	196	0,96	175	183	1,26	196	88	1,59	200	200	1,34	167	175	1,27
P10	154	152	0,82	200	213	1,43	191	198	1,62	212	97	1,93	208	209	1,36	209	192	1,53
P20	163	183	1,04	209	250	1,60	233	251	1,78	226	113	2,34	226	226	1,47	230	203	1,65
P25	167	186	1,05	225	263	1,60	240	260	1,81	235	117	2,75	229	235	1,48	233	217	1,68
P30	167	188	1,11	239	279	1,61	243	268	1,83	238	117	2,94	233	239	1,49	238	239	1,73
P40	175	200	1,16	253	285	1,71	262	285	1,89	246	121	3,30	243	273	1,63	249	246	1,90
P50	188	208	1,20	264	296	1,81	273	292	2,00	258	129	3,40	256	292	1,73	263	254	1,98
P60	194	215	1,25	285	313	1,87	283	301	2,13	270	144	3,68	269	298	1,84	278	274	2,06
P70	204	225	1,33	311	327	2,01	290	313	2,26	298	157	3,97	307	306	2,05	292	292	2,19
P75	210	238	1,34	332	339	2,13	294	314	2,27	301	179	4,04	343	309	2,11	304	301	2,22
P80	220	241	1,36	367	342	2,22	303	323	2,34	308	205	4,06	359	326	2,21	308	304	2,31
P90	263	306	1,65	399	479	2,73	335	439	2,83	383	311	4,29	375	432	2,32	377	460	2,62
Máximo	363	350	1,82	433	541	2,97	379	487	3,18	433	374	4,54	404	508	2,37	404	487	2,84

TR = tiempo de reacción; TA = Tiempo de acción; VM= Velocidad media; m/s= metros / segundo, P = Percentil.

Tabla 8. Escala percentual de las variables de laboratorio para toda la muestra de atletismo.

	Tiempo reacción pie atrasado	Tiempo acción pie atrasado (ms)	Tiempo acción pie adelantado (ms)	Velocidad acción pie atrasado (m/s)	Velocidad acción pie adelantado (m/s)	Longitud pie atrasado (m)	Longitud pie adelantado (m)	Velocidad acción paso atrasado	Velocidad acción paso adelantado (m/s)
Mínimo	75	358	204	0,82	1,95	0,36	1,23	1,52	1,70
P10	141	400	232,2	1,12	2,67	0,46	1,31	1,64	1,89
P20	158,8	412	242	1,26	3,26	0,51	1,48	1,78	1,98
P25	164	412,5	248	1,31	3,30	0,53	1,55	1,84	2,09
P30	169,2	416,2	250	1,32	3,35	0,60	1,55	1,84	2,14
P40	183	433,4	269,2	1,40	3,59	0,66	1,69	2,04	2,21
P50	187	454	287	1,47	3,82	0,70	1,78	2,11	2,28
P60	210,4	482,2	309	1,51	3,86	0,77	1,96	2,21	2,33
P70	226,6	500	343,6	1,60	3,96	0,80	1,99	2,32	2,44
P75	235	529	352	1,66	4,14	0,80	2,03	2,33	2,52
P80	241	540,2	354	1,72	4,24	0,83	2,06	2,43	2,53
P90	318,6	555,6	398	1,84	4,66	0,87	2,11	2,54	2,75
Máximo	383	587	496	2,03	5,77	0,99	2,35	3,31	3,02

TR = tiempo de reacción; TA = Tiempo de acción; VM= Velocidad media; m/s= metros / segundo, P = Percentil.

Comparación de los tiempos por lateralidad (derecho, izquierdo), modalidad de estímulo (visual, auditivo), segmento corporal (mano, pie), género (masculino, femenino), deporte (esgrima, karate, taekwondo, boxeo, atletismo) y tipo de tiempo (tiempo de reacción, tiempo de acción)

Tabla 9. Comparación de todos los sujetos por lateralidad (derecha-izquierda) de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

		Visual			Auditiva		
		Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)	Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)
Mano	Derecha (Md)	179	208	1,20	171	221	1,13
	Izquierda (Md)	179	213	1,18	167	229	1,09
	Z	-2,105 ^b	-3,359 ^c	-3,464 ^b	-1,923 ^b	-4,567 ^c	-4,612 ^b
	Sig. asintótica (bilateral)	0,035	0,001	0,001	0,055	0,000	0,000
Pie	Derecho (Md)	225	229	1,09	212	254	0,98
	Izquierdo (Md)	217	246	1,02	208	254	0,98
	Z	-1,379 ^b	-5,191 ^c	-5,057 ^b	-1,296 ^b	-2,826 ^c	-2,825 ^b
	Sig. asintótica (bilateral)	0,168	0,000	0,000	0,195	0,005	0,005

a = prueba de Wilcoxon de los rangos con signo; b = se basa en rangos positivos; c = se basa en rangos negativos.

Tabla 10. Comparación de todos los sujetos por **canal de estimulación** (visual-auditivo) de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

		Derecho			Izquierdo		
		Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)	Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)
Mano	Visual (Md)	179	208	1,20	179	213	1,18
	Auditivo (Md)	225	229	1,09	217	246	1,02
	Z	-4,804 ^b	-5,557 ^c	-5,712 ^b	-5,609 ^b	-7,682 ^c	-7,937 ^b
	Sig. asintótica	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pie	Visual (Md)	171	221	1,13	167	229	1,09
	Auditivo (Md)	212	254	0,98	208	254	0,98
	Z	-4,409 ^b	-7,016 ^c	-6,702 ^b	-3,742 ^b	-4,123 ^c	-4,274 ^b
	Sig. asintótica	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

a = prueba de Wilcoxon de los rangos con signo; b = se basa en rangos positivos; c = se basa en rangos negativos.

Tabla 11. Comparación de todos los sujetos por **segmento corporal** (mano-pie) de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

		Derecha			Izquierda		
		Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)	Tiempo reacción (ms)	Tiempo de acción (ms)	Velocidad de acción (m/s)
Visual	Mano (Md)	179	208	1,20	179	213	1,18
	Pie (Md)	225	229	1,09	217	246	1,02
	Z	-10,869 ^b	-9,237 ^b	-9,834 ^c	-10,986 ^b	-10,603 ^b	-10,585 ^c
	Sig. asintótica	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Auditivo	Mano (Md)	171	221	1,13	167	229	1,09
	Pie (Md)	212	254	0,98	208	254	0,98
	Z	-12,057 ^b	-8,581 ^b	-9,129 ^c	-11,410 ^b	-7,892 ^b	-8,019 ^c
	Sig. asintótica	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

a = prueba de Wilcoxon de los rangos con signo; b = se basa en rangos positivos; c = se basa en rangos negativos.

Tabla 12. Comparación de todos los sujetos por **género** (masculino-femenino) de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

		Visual						Auditiva					
		Derecha			Izquierda			Derecha			Izquierda		
		TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)
Mano	Masculino	183	200	1,25	179	208	1,20	171	217	1,15	167	225	1,11
	Femenino	179	221	1,13	175	225	1,11	167	229	1,09	167	254	0,98
U de Mann-Whitney		10048	7407	7407	9737	7757	7757	9913	7748	7742	10248	7542	7542
Z		-,489	-4,204	-4,204	-,926	-3,711	-3,711	-,679	-3,723	-3,731	-,208	-4,013	-4,013
Sig. asintótica (bilateral)		0,625	0,000	0,000	0,355	0,000	0,000	0,497	0,000	0,000	0,836	0,000	0,000
Pie	Masculino	221	225	1,11	217	238	1,05	213	246	1,02	204	246	1,02
	Femenino	229	242	1,03	217	258	0,97	212	258	0,97	216	267	0,94
U de Mann-Whitney		9493	7388	7661	9776	7945	8003	9776	7915	7850	9679	7643	7703
Z		-1,269	-4,231	-3,847	-,871	-3,446	-3,364	-,871	-3,489	-3,580	-1,007	-3,870	-3,786
Sig. asintótica (bilateral)		0,204	0,000	0,000	0,384	0,001	0,001	0,384	0,000	0,000	0,314	0,000	0,000

TR= tiempo de reacción; TA = tiempo de acción; VA = velocidad de acción; ms = milisegundos; m/s = metros por segundo.

Tabla 13. Comparación de todos los sujetos por **deporte**, de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

	Mano											
	Visual						Auditiva					
	Derecha			Izquierda			Derecha			Izquierda		
	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)
Esgrima	183	217	1,15	179	221	1,13	171	250	1,00	171	267	0,94
Karate	175	200	1,25	175	208	1,20	167	221	1,13	154	229	1,09
Taekwondo	183	192	1,30	179	192	1,30	160	196	1,28	167	208	1,20
Boxeo	188	208	1,20	188	217	1,15	183	229	1,09	177	254	0,98
Atletismo	183	246	1,02	175	242	1,03	170	241	1,04	170	259	0,97
Chi-cuadrado	4	37	37	6	35	35	14	43	43	22	40	40
gl	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sig. asintótica	0,415	0,000	0,000	0,197	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Pie											
	Visual						Auditiva					
	derecha			Izquierda			Derecha			Izquierda		
	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)
Esgrima	229	242	1,03	217	263	0,95	217	271	0,92	213	267	0,94
Karate	233	221	1,13	217	233	1,07	212	238	1,05	208	246	1,02
Taekwondo	221	218	1,13	204	219	1,14	200	238	1,05	198	225	1,11
Boxeo	227	248	1,01	233	252	0,99	242	273	0,92	227	267	0,94
Atletismo	220	275	0,91	220	292	0,86	212	291	0,86	216	292	0,86
Chi-cuadrado	4	57	50	9	50	49	8	48	47	6	50	49
gl	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sig. asintótica	0,430	0,000	0,000	0,062	0,000	0,000	0,103	0,000	0,000	0,180	0,000	0,00

a = prueba de Kruskal Wallis; b = variable de agrupación: deporte; TR= tiempo de reacción; TA = tiempo de acción; VA = velocidad de acción; ms = milisegundos; m/s = metros por segundo.

Tabla 14. Comparación de todos los sujetos por **tiempo de reacción y tiempo de acción**, de las variables de laboratorio.

Se incluyen las medianas (Md) de los respectivos valores. Se resalta en color anaranjado el valor menor y en negrilla los valores significativos.

		Mediana		Wilcoxon	
		TR	TA	Z	p
Visual	MD	179	208	-7,756 ^b	0,000
	MI	179	213	-10,194 ^b	0,000
Auditiva	MD	171	221	-12,763 ^b	0,000
	MI	167	229	-14,042 ^b	0,000
Visual	PD	225	229	-1,713 ^b	0,087
	PI	217	246	-6,613 ^b	0,000
Auditiva	PD	212	254	-9,146 ^b	0,000
	PI	208	254	-10,028 ^b	0,000

a = prueba de Wilcoxon de los rangos con signo; b = se basa en rangos negativos. TR= tiempo de reacción; TA = tiempo de acción; VA = velocidad de acción; ms = milisegundos; m/s = metros por segundo.

Tabla 15. Resumen de las comparaciones encontradas.

	Lateralidad	Segmento	Canal	Género	Deporte	Tiempo
TR	M-Der < M-Izq P-Izq < P-Der	Mano < Pie	Vis < Aud	Mas = Fem	Sin diferencias	TR < TA
TA	M-Der < M-Izq P-Der < P-Izq	Mano < Pie	Vis < Aud	Mas < Fem	Taekwondo <	
VA	M-Der > M-Izq P-Der > P-Izq	Mano < Pie	Vis > Aud	Mas > Fem	Taekwondo >	

TR= tiempo de reacción; TA = tiempo de acción; VA= velocidad de acción; M = mano; P= pie; Der= derecho; Vis= visual; Aud = auditiva; Mas = masculino; Fem: femenino.

Tabla 16. Informe para el deportista y el entrenador de la evaluación de tiempos de reacción, tiempo de acción y velocidad de acción, de las diferentes pruebas realizadas. En el parte inferior, la misma información en forma de gráfica.

NN		milisegundos; metros/segundo			Percentiles			Promedio
	PRUEBAS BASICAS	Tiempo Reacción	Tiempo de acción	Velocidad de acción	Tiempo Reacción	Tiempo de acción	Velocidad de acción	General
1	Visual mano derecha	224	214	1,17	23	53	45	41
2	Visual mano izquierda	198	220	1,16	33	60	53	49
3	Auditiva mano derecha	169	201	1,25	57	70	67	64
4	Auditiva mano izquierda	181	236	1,06	45	48	45	46
5	Visual pie derecho	239	238	1,05	27	60	50	46
6	Visual pie izquierdo	262	271	0,93	23	45	37	35
7	Auditiva pie derecho	231	236	1,06	38	87	77	67
8	Auditiva pie izquierdo	284	238	1,05	20	85	78	61
9	Promedio lado derecho	216	222	1,13	36	68	60	54
10	Promedio lado izquierdo	231	241	1,05	30	60	53	48
11	Promedio visual	231	236	1,08	27	55	46	43
12	Promedio auditivo	217	228	1,11	40	73	67	60
13	Promedio general	224	232	1,09	33	64	56	51

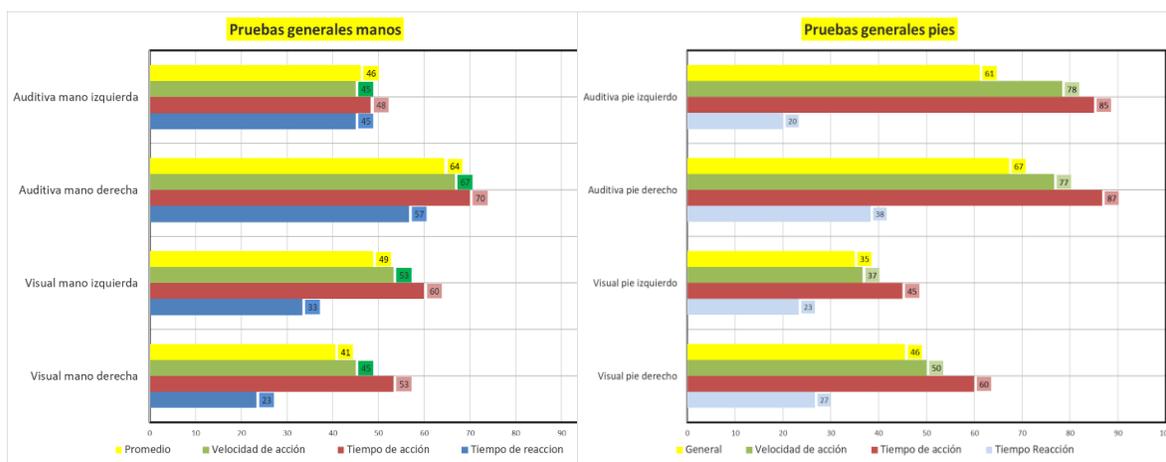


Tabla 17. Valores de la velocidad de reacción (m/s) separada por segmento corporal y por canal de estimulación.

		Velocidad de Reacción (m/s)			
		Manos		Pies	
		Visual	Auditiva	Visual	Auditiva
Mínimo		3,30	2,98	3,88	4,46
Máximo		7,94	10,20	11,95	13,11
Percentiles	25	5,00	5,29	5,88	6,24
	50	5,61	5,98	6,67	6,99
	75	6,14	6,70	7,59	8,12

Tabla 18. Valores de tiempo de reacción.

Asumiendo: a) que la distancia desde la cabeza al codo sea del 60% de la talla y que la distancia hasta la rodilla sea del 90% de la talla; b) promedio encontrado para el tiempo total; c) tiempo de procesamiento central (tiempo total – tiempo a 50m/s de velocidad de conducción).

		a		b		c	
		Tiempo de reacción a 50m/s de velocidad de conducción		Promedios de tiempo de reacción total		Tiempo de procesamiento central (ms)	
		Mano	Pie	Mano	Pie	Mano	Pie
Mínimo		17	26	129	12	112	99
Máximo		22	33	304	375	282	342
Percentiles	25	19	28	164	145	145	172
	50	20	30	179	159	159	195
	75	21	31	202	181	181	227

Correlaciones

Tabla 19. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre las variables sociodemográficas y las pruebas de laboratorio (generales).

Se resalta en color las que fueron significativas.

		Visual											
		Mano derecha			Mano izquierda			Pie derecho			Pie izquierdo		
		TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)
Edad (años)	Rho	-,064	-,048	,048	,006	-,089	,089	-,149*	-,037	,042	-,071	-,062	,058
	α	,280	,413	,413	,925	,130	,130	,011	,526	,479	,230	,293	,321
Masa (Kg)	Rho	-,083	-,156**	,156**	-,039	-,201**	,201**	-,142*	-,198**	,168**	,000	-,154**	,149*
	α	,158	,008	,008	,507	,001	,001	,015	,001	,004	,994	,009	,011
Talla (cm)	Rho	,043	-,127*	,127*	,008	-,154**	,154**	-,061	-,126*	,111	-,043	-,096	,093
	α	,464	,030	,030	,896	,008	,008	,296	,032	,059	,464	,102	,113
Estrato socioeconómico	Rho	-,022	-,177**	,177**	,002	-,257**	,257**	,199**	-,193**	,163**	,021	-,183**	,188**
	α	,714	,002	,002	,971	,000	,000	,001	,001	,005	,727	,002	,001
Índice de masa muscular	Rho	-,094	-,165**	,165**	-,041	-,192**	,192**	-,090	-,138*	,119*	,058	-,117*	,115
	α	,110	,005	,005	,488	,001	,001	,124	,019	,043	,328	,046	,051
		Auditiva											
		Mano derecha			Mano izquierda			Pie derecho			Pie izquierdo		
		TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)	TR (ms)	TA (ms)	VA (m/s)
Edad (años)	Rho	-,172**	-,165**	,166**	-,077	-,062	,062	-,170**	-,034	,033	-,147*	-,053	,050
	α	,003	,005	,005	,190	,294	,294	,004	,559	,570	,012	,366	,396
Masa (Kg)	Rho	-,090	-,216**	,216**	-,081	-,226**	,226**	-,038	-,145*	,153**	-,006	-,173**	,168**
	α	,126	,000	,000	,169	,000	,000	,519	,013	,009	,919	,003	,004
Talla (cm)	Rho	-,019	-,148*	,148*	-,054	-,175**	,175**	,017	-,080	,086	-,023	-,123*	,120*
	α	,751	,012	,012	,363	,003	,003	,767	,175	,141	,692	,036	,041
Estrato socioeconómico	Rho	,108	-,041	,041	,133*	-,111	,111	,055	-,207**	,206**	,094	-,169**	,174**
	α	,066	,481	,482	,024	,058	,058	,348	,000	,000	,111	,004	,003
Índice de masa muscular	Rho	-,054	-,184**	,183**	-,006	-,179**	,179**	-,026	-,121*	,127*	,029	-,132*	,130*
	α	,361	,002	,002	,914	,002	,002	,654	,039	,031	,620	,024	,027

Tabla 20. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre la prueba de laboratorio (generales) y las pruebas de campo (específicas) en **esgrima**.

Se resalta en color las fueron significativas.

Esgrima (n=63)			Toque a pie junto			Toque con pie dominante adelantado			Toque con fondo			Flecha			Arresto		
			TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA
Mano derecha	TR	Rho	-,036			-,040			,089			,218			,197		
		α	,782			,754			,487			,086			,122		
	TA	Rho		,157			,354**			,001			,416**			-,004	
		α		,221			,004			,991			,001			,974	
	VA	Rho			,524**		-,354**	,470**			,503**			,385**			,438**
		α			,000		,004	,000			,000			,002			,000

Tabla 21. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre la prueba de laboratorio (generales) y las pruebas de campo (específicas) en **karate**.

Se resalta en color las que fueron significativas.

Karate n=93			Gyaku zuki derecha			Mae geri derecha			Gyaku zuki izquierda			Mae geri izquierda		
			TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA
Mano derecha	TR	Rho	,214*											
		α	,039											
	TA	Rho		,217*										
		α		,037										
	VA	Rho			-,082									
		α			,433									
Mano izquierda	TR	Rho						-,007						
		α						,948						
	TA	Rho								,378**				
		α								,000				
	VA	Rho									,170			
		α									,103			
Pie derecho	TR	Rho				,315**								
		α				,002								
	TA	Rho					,147							
		α					,160							
	VA	Rho						,114						
		α						,275						
Pie izquierdo	TR	Rho									,239*			
		α									,021			
	TA	Rho										-,153		
		α										,144		
	VA	Rho											,271**	
		α											,009	

Tabla 22. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre la prueba de laboratorio (generales) y las pruebas de campo (específicas) en **taekwondo**.

Se resalta en color las que fueron significativas.

Taekwondo n=60			Gyaku zuki derecha			Mae geri derecha			Gyaku zuki izquierda			Mae geri izquierda		
			TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA
Mano derecha	TR	Rho	,332**											
		α	,009											
	TA	Rho		,468**										
		α		,000										
	VA	Rho											,034	
		α											,795	
Mano izquierda	TR	Rho						,221						
		α						,090						
	TA	Rho							0,240					
		α							,064					
	VA	Rho											-,371**	
		α											,004	
Pie derecho	TR	Rho			0,120									
		α			,363									
	TA	Rho					,044							
		α					,737							
	VA	Rho											-,230	
		α											,077	
Pie izquierdo	TR	Rho									0,055			
		α									,678			
	TA	Rho											,269*	
		α											,038	
	VA	Rho											-0,109	
		α											,408	

Tabla 23. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre la prueba de laboratorio (generales) y las pruebas de campo (específicas) en **boxeo**.

Se resalta en color las que fueron significativas.

Boxeo n=30			Mano derecha									Mano izquierda									
			Directo			Gancho			Uppercut			Jab			Gancho			Uppercut			
			TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	TR	TA	VA	
Mano derecha	TR	Rho	,10			,041			-,197	-,130											
		α	,592			,831			,297	,494											
	TA	Rho		,31			,436*		-,146			,707**									
		α		,096			,016		,441			,000									
	VA	Rho			,43*				,146												,401*
		α			,017				,441												,028
Mano izquierda	TR	Rho									,443*			,298						,449*	
		α									,014			,110						,013	
	TA	Rho										0,27			,279					,572**	
		α										,154			,135					,001	
	VA	Rho											,168			,136					,214
		α											,374			,472					,257

Tabla 24. Correlaciones (Rho de Spearman) con su grado de significancia (α) entre la prueba de laboratorio (generales) y las pruebas de campo (específicas) en **atletismo**.

Se resalta en color las que fueron significativas.

Atletismo velocidad n=45			Tiempo reacción pie atrasado (ms)	Tiempo acción pie atrasado (ms)	Longitud pie atrasado (m)	Velocidad acción paso atrasado (m/s)
Pie derecho	TR	Rho	-,042			
		α	,784			
	TA	Rho		,657**	,404**	
		α		,000	,006	
	VA	Rho			-,404**	,342*
		α			,006	,021

Discusión

Variables sociodemográficas

En la tabla 2 se presentan los resultados para las variables sociodemográficas. La mediana de la edad fue de 21 ± 5 años, la estatura de 169 ± 15 cm y la masa corporal de 61 ± 15 kg. Las mujeres fueron el 43.3% y los hombres, el 56.7%. Los karatecas fueron los más frecuentes, con un 32% y los boxeadores los menos frecuentes, con un 10.3% (Md = mediana; RIC = rango intercuartílico). Predominó el estrato socioeconómico 3, con un 32%. Al separar y comparar estas variables por género, se encontró que solo el estrato socioeconómico fue similar; las demás variables presentaron diferencias significativas, evidenciando que el género femenino fue menor en edad, masa corporal, talla e índice de masa muscular. Este hecho explica las diferencias encontradas en las demás variables analizadas.

En la tabla 3 se presentan las escalas en percentiles de la muestra examinada para las pruebas de laboratorio, separándolas por tipo de estímulo (visual o auditivo), segmento utilizado (mano derecha, mano izquierda, pie derecho, pie izquierdo), y variable evaluada (tiempo de reacción, tiempo de acción y velocidad media). En las tablas 4 a 8 se presentan las escalas para las variables de campo o específicas para los cinco deportes analizados.

Con los datos de las variables de laboratorio y campo se construyó una hoja de Excel donde, al ingresar los datos de la prueba, se cambian por los respectivos rangos percentilares. A continuación, se presenta un ejemplo.

Con base en el ejemplo presentado en la tabla 16, se aprecia que el sujeto, en general, está sobre la mediana (percentil 51); tiene una mejor respuesta para las manos que para los pies; la mano derecha es similar para estímulos auditivos; la mano derecha es más lenta que la izquierda para estímulos auditivos; la reacción auditiva de los pies es mayor que la visual; el pie izquierdo es más rápido que el derecho. De esta manera se puede hacer una evaluación rápida de todos los segmentos corporales.

Comparación de variables

El tiempo de reacción mide el desplazamiento del impulso nervioso desde el sistema nervioso central hasta la placa motora; por lo tanto, mide el estado de reactividad de los nervios implicados. El tiempo de acción mide el tiempo que tarda la musculatura en contraerse y realizar una tarea; por lo tanto, mide el estado de reactividad de la musculatura implicada en un movimiento. La velocidad de acción relaciona el tiempo empleado con la distancia recorrida.

Lateralidad

Los modelos explicativos de la dominancia de los diestros sobre los zurdos van desde causas genéticas, culturales, ambientales, factores anatómicos y/o interacción entre ellos, de manera que no existe una única explicación (Corballis, 1997; Hepper et al., 2005; Rosen, 1996; Wright, 2001). En la tabla 9 se presentan los resultados de la comparación de la

muestra, teniendo en cuenta la lateralidad (derecho/izquierdo). Debe resaltarse que la gran mayoría de los sujetos evaluados (95%) presentaron dominancia derecha para las manos.

En cuanto al tiempo de reacción, llama la atención que no hubo diferencias en los pies, tanto para estímulos visuales como auditivos, pero sí las hubo en las manos con estímulos visuales (menor tiempo para la mano no dominante o izquierda). Estos resultados concuerdan con el estudio de Badau et al. (2018), en el cual compararon los tiempos de reacción de las manos dominante y no dominante de 332 estudiantes de educación física, reportando que la mano no dominante presentó menores tiempos de reacción en la prueba de tiempo de reacción simple realizada con el test de Benchmark. Similares resultados se encontraron en los estudios de Darbutas et al. (2013) y Yamauchi et al. (2004), pero los trabajos de Asai et al. (2010) y Mieschke et al. (2001) mostraron lo contrario. Los estudios de Barthélémy y Boulinguez (2002) mostraron que, en tareas de tiempo de reacción con requerimientos de análisis espacial, se presenta una respuesta más rápida de la mano izquierda sobre la derecha, tanto en tareas de tipo simple, como en aquellas que implican elección. Estos datos sugerirían una dominancia del hemisferio derecho para tareas visoespaciales, favoreciendo el uso de la mano izquierda en aquellas tareas que requieren un análisis espacial complejo. Al parecer, este es un hallazgo relativo a la práctica deportiva o a la disposición genética de los sujetos evaluados, como lo sugiere Annett (1972).

Con respecto al tiempo de acción y la velocidad de acción, los tiempos por el lado derecho son significativamente menores ($p < 0.05$) que por el lado izquierdo. En este caso, la posible explicación se deriva al componente genético de composición de fibras y de dominancia hemisférica o lateralidad más común en la especie humana. Aproximadamente entre un 85 y 90% de los humanos presenta una lateralización diestra en el uso de las manos (Annett, 1972). El 96% de seres humanos manualmente diestros presentan una dominancia cerebral izquierda para el lenguaje; por el contrario, en los zurdos este porcentaje se situaría en el 70%, siendo estas distribuciones una consecuencia natural de la especie (Knecht et al., 2000).

Se podría especular que también influye el entrenamiento, pues la mayoría de las acciones diarias y deportivas se realizan por el lado derecho. A este respecto, en la tabla 9 se puede observar que las pruebas reacción del pie izquierdo presentaron una tendencia a ser menores que las del lado derecho, lo que se podría explicar por la lateralidad cruzada que tenemos en la marcha, pues mientras avanzamos el pie derecho, retrocedemos el brazo izquierdo. Se puede concluir que la diferencia en los movimientos realizados en estas pruebas radica en la parte muscular, o más exactamente en el tipo de fibra.

Canal de estimulación

En la tabla 10 se presentan las comparaciones por canal de estimulación. En todas las pruebas realizadas, los tiempos de reacción y de acción fueron menores por la vía visual y, de manera opuesta, las velocidades de acción fueron mayores, lo que concuerda con los estudios de Pérez et al. (2011); estos investigadores encontraron tiempos de 349 ± 83 ms

para la vía visual, que difieren de los hallados en el presente estudio (medianas entre 170 y 230ms) (tabla 10). Llama la atención que, en el estudio de Pérez et al. (2011) este tiempo de reacción fue menor en hombres. Una explicación a este hecho puede ser que la mayoría de los deportistas analizados tienen como canal preferente de estimulación el canal visual, no así los corredores de velocidad, pero la proporción de estos atletas solo fue el 15.5%, de manera que sus posibilidades de influenciar los resultados fueron muy bajas. Estos resultados coinciden con los reportados por Pérez et al. (2011), donde se evaluó a estudiantes de educación física, hallando tiempos menores en la vía visual, pero las medidas de tendencia central difieren significativamente (322 ± 64 ms y 349 ± 83 ms, para estímulos visuales y auditivos, respectivamente) respecto a los encontrados en este estudio. La diferencia puede radicar en los equipos utilizados y en el tipo de sujetos que participaron. Por otra parte, contrastan con los estudios de Ashoke et al. (2010), quienes reportan menor tiempo para la vía auditiva. Estos investigadores analizaron 800 sujetos sanos de género masculino, en edades comprendidas entre 5 y 70 años, encontrando para el grupo de 21–25 años una media de 207 ± 37 para la vía visual y de 181 ± 34 para la auditiva. Aunque la diferencia radica en la vía, los rangos de valores están más acordes con los valores encontrados en el presente estudio. El equipo utilizado por estos investigadores fue un cronómetro de reacción electrónico con 1/100 seg de sensibilidad. Shelton y Kumar (2010) también encontraron que la vía auditiva emplea menor tiempo. Los resultados mostraron que el tiempo medio de reacción visual fue de alrededor de 331ms, en comparación con el tiempo de reacción auditiva media de alrededor de 284ms. En ese estudio la muestra solo fue de 14 sujetos y el equipo de medición fue electrónico.

Se debe precisar que, en el presente estudio, los estímulos auditivos se hicieron con la vía visual bloqueada, con lo que esta puede ser una de las razones por las cuales la vía auditiva presentó diferente tiempo.

Segmento corporal

Otro de los factores de diferenciación/comparación fue el segmento corporal (mano/pie). De acuerdo con los resultados presentados en la tabla 11, se concluye que los tiempos en los cuales se realizan respuestas con las manos son menores que cuando se emplean los pies. Estos resultados concuerdan los obtenidos por Annett (1960) y Lotter (1960). Si se asume que la velocidad de desplazamiento es similar en todos los axones del sistema piramidal y periférico, el tiempo será menor en cuanto menor sea la distancia hasta donde tendrá que llegar el estímulo. Por esta razón, los tiempos de las manos fueron menores que las de los pies. Por otra parte, cuando se trata de la musculatura, se aplica la misma explicación. Como se observa en la tabla 11, los tiempos de acción de la musculatura de las manos fue menor que la de los pies y, de manera opuesta, la velocidad de acción es mayor en las manos.

Género

Las diferencias por género se presentan en la tabla 12. Los tiempos de acción y la velocidad de acción mostraron diferencias significativas entre ambos géneros, siendo menores los valores masculinos. El tiempo de reacción no presentó diferencias significativas. Estos hallazgos están en contraposición con los reportados por Shelton y Kumar (2010), quienes encontraron menores tiempos de reacción en los hombres. Las diferencias de los dos estudios radican en el tipo de instrumento utilizado y en el tamaño de la muestra.

De acuerdo con los hallazgos del presente estudio, las diferencias radican en el componente muscular de la reacción. Como se anotó en las variables sociodemográficas, existieron diferencias en peso y talla de los sujetos evaluados, al compararlos por género. Es posible que la masa muscular (mayor en hombres) explique por qué los hombres tienen menores tiempos de acción que las mujeres.

Deporte

Finalmente, la variable deporte se aplicó a la comparación de las variables estudiadas. En la tabla 13 se presentan los resultados. De acuerdo con estos datos, los taekwondokas fueron los más rápidos y presentaron diferencias significativas en la mayoría de las pruebas, con respecto a los demás deportistas. En el estudio de Badau et al. (2018), se encontró que los boxeadores fueron los más rápidos, con tiempos de reacción para la mano derecha ($222.78 \pm 19.51\text{ms}$), seguidos de los karatekas ($255.65 \pm 20.26\text{ms}$) y taekondokas ($280.71 \pm 22.93\text{ms}$). Estas diferencias podrían explicarse por las diferencias individuales, la experiencia deportiva, los instrumentos utilizados y la cantidad de muestra examinada.

Se corrobora que la variable tiempo de reacción no presenta diferencias significativas, no solo en la variable género sino, en este caso, en el tipo de deporte. Al parecer, cuando se tiene deportistas de alto y moderado rendimiento, las modificaciones que más se producen se localizan en los mismos músculos, pero no en el sistema nervioso central y periférico. Los trabajos de Badau et al. (2018), Pérez et al. (2011), Robles (2014) y Santos et al. (2014) muestran que existen diferencias entre los sujetos que practican deporte y los sujetos sedentarios o sujetos control.

Tipo de tiempo

En la tabla 14 se presentan las diferencias entre el tiempo de reacción y el tiempo de acción de las variables generales (laboratorio) estudiadas. Los resultados permiten concluir que el tiempo de reacción fue significativamente menor en todas las variables estudiadas, tanto con estímulos visuales como auditivos, así como por lateralidad y segmento corporal. A pesar de que los espacios recorridos por el estímulo en la vía neural fueron más largos, los tiempos de acción fueron más prolongados; esto puede explicarse por las diferencias entre la velocidad de conducción en los nervios motores, entre 50-70m/s (Barrera & Ortiz, 2014; Estevez, 2015) y la velocidad en la contracción muscular, de 0.5-2.5m/s, (Valenciá et al., 2001).

Velocidad de reacción

Asumiendo constantes antropométricas reportadas en la literatura (Horcajada, 2012), se tomó la longitud desde la cabeza hasta el codo como de aproximadamente el 60% de la talla, y desde la cabeza hasta la rodilla, como el 90%. Con base en estas estimaciones, se calcularon las respectivas distancias y se dividió por el tiempo de reacción, que genera la verdadera velocidad de reacción. En la tabla 17 se presentan los resultados, con medianas entre 5.61 y 6.99m/s. Como se puede deducir, estas velocidades son muy bajas comparadas con las velocidades reportadas por Estévez (2015) y Barrera et al. (2014). Teniendo la distancia de los segmentos, se calculó el tiempo que emplearía el estímulo viajando a un promedio de 50m/s.

Los datos presentados en la tabla 18 están más acordes con lo reportado en la literatura, en la cual se dice que los tiempos de procesamiento central de la información a nivel de corteza cerebral están entre 200-250ms (Pérez et al., 2011; Robles, 2014; Weineck, 2005). En el presente trabajo, este tiempo podría estar entre 112 y 282ms para las manos y entre 99 y 342ms para los pies. Estos datos destacan la importancia de establecer no solo el tiempo que tarda el estímulo, sino también la distancia que recorre, especificando el concepto de velocidad de reacción, que, para el caso, sería igual a la velocidad de conducción de los nervios periféricos, y también implicaría la velocidad de reacción en la corteza cerebral (tiempo de procesamiento/longitud entre las cortezas sensitivas y la corteza motora).

Discusión de las correlaciones

En la tabla 19 se presentan los resultados de las correlaciones entre las variables sociodemográficas y las pruebas de laboratorio (generales). En general, las correlaciones que se presentaron, aunque fueron significativas, su valor fue muy bajo (menores de 0.25). La variable edad se correlacionó más con las pruebas que estimulan el sistema auditivo y en particular con la mano derecha. Aguado (1993) y Vinuesa y Vinuesa (2006), encontraron que el tiempo de reacción inespecífico va disminuyendo entre los 16 y 25 años y se estabiliza entre los 25 y los 35 años, empezando a decaer desde ese momento. Dada la edad similar de nuestra muestra (21 años), la falta de correlación se puede explicar por este fenómeno. Por otra parte, la estatura, la masa muscular y el índice de masa muscular se correlacionaron de manera inversa con los tiempos de acción; es decir, a mayor estatura/masa muscular, menos tiempo de acción. Lo contrario sucedió con la velocidad de acción.

Llamó la atención la falta de correlación entre el tiempo de reacción y las variables sociodemográficas. En la literatura, Márquez y Rodríguez (2002) no encontraron mejoras en el tiempo de reacción tras un programa de entrenamiento muscular de 4 semanas, lo que evidenciaría la falta de relación entre la variable masa muscular y tiempo de reacción. En dicha investigación, el tiempo de reacción se midió con el test de la mano de Nelson o Prueba del bastón de Galton, y los ejercicios no involucraron la musculatura de la mano. En

contraposición, McLeod y Jenkins (1991) sí encontraron mejoras en el tiempo de reacción específico mediante el entrenamiento.

El estrato socioeconómico presentó un comportamiento similar a las variables antropométricas, con una correlación inversa, donde a mayor estrato menos tiempo de reacción.

En la tabla 20 se observan los datos de los esgrimistas al correlacionar la prueba visual de la mano derecha (prueba general) con las pruebas específicas. Se destaca que todas las pruebas de velocidad de acción se correlacionaron significativamente ($p < 0.01$) entre sí. Por el contrario, ninguna de las pruebas de tiempo de reacción presentó correlación significativa. Tan solo dos de las cinco pruebas se correlacionaron significativamente en el tiempo de acción. Estos datos indican: a) que los entrenamientos en este deporte solo implican acciones musculares sin tener en cuenta la estimulación visual; o b) que la vía neural no es entrenable. Los resultados de McLeod y Jenkins (1991) indican que la vía neural sí es entrenable, por lo que nos queda asumir, entonces, que la vía neural tiene un límite y que la vía muscular continúa estimulándose durante la vida deportiva. Es posible que la musculatura empleada en las pruebas de laboratorio sea muy similar a su coordinación y ejecución con la esgrima, motivo por el cual se genera la correlación.

Una de las bondades de la velocidad de acción es la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado. La mayoría de los estudios sobre tiempo de reacción solo miden el tiempo sin tener en cuenta la distancia. En la literatura se habla de velocidad de reacción como sinónimo de tiempo de reacción. Para el caso de esta investigación, la velocidad de acción es la que se puede asimilar como velocidad de reacción pues, desde la cinemática, la velocidad es la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado. Para el caso de la esgrima, la velocidad de acción hallada en el laboratorio se correlaciona moderada y significativamente con todas las pruebas de campo (específicas).

En los karatekas, el tiempo de reacción se correlacionó en tres de las cuatro pruebas; el tiempo de acción en dos de las pruebas y la velocidad de acción en una prueba (tabla 21). A diferencia de la esgrima, en los karatekas se presentó correlación significativa entre tres de las cuatro pruebas del tiempo de reacción, pero solo en la prueba de pie izquierdo se presentó correlación entre las pruebas de velocidad de acción. La explicación a esta situación pudiese radicar en patrones neurales similares entre las pruebas de laboratorio y las pruebas específicas del karate.

En los taekwondokas (tabla 22), las correlaciones más efectivas se encontraron en las realizadas con la mano derecha, donde tanto el tiempo de reacción como el tiempo de acción se correlacionaron significativamente; la mano izquierda presentó correlación en la velocidad de acción; el pie derecho no presentó correlaciones significativas y, finalmente, el pie izquierdo lo hizo en el tiempo de acción. A diferencia de los esgrimistas, los taekwondokas no generaron en sus pruebas específicas buenas ni constantes correlaciones con la velocidad

de acción. Entre las posibles causas pudiera ser que en este deporte se utilice más la musculatura extensora del codo que la flexora del hombro y, por lo tanto, no se den las relaciones.

En los boxeadores (tabla 23), la mano derecha presentó correlaciones significativas en el tiempo de acción y la velocidad de acción. En la mano izquierda, las correlaciones significativas se presentaron en el tiempo de reacción y de acción. En este deporte en particular, la velocidad de acción se correlacionó significativamente en la mano derecha, mientras que en la izquierda lo hizo con el tiempo de reacción. Como lo destacan Barthélémy y Boulinguez (2002), al parecer los segmentos corporales tienen diferencias en cuanto a si se realizan acciones de reacción simple (como lo fueron las pruebas de laboratorio) o pruebas complejas (como lo fueron las pruebas de campo). De hecho, las pruebas con la mano izquierda son más simples y directas que las de la mano derecha, que está más atrasada.

En los atletas, la prueba general que se correlacionó con las específicas fue la auditiva del pie derecho (tabla 24). Se debe resaltar que todas las pruebas específicas se realizaron con estímulos auditivos. La variable longitud del pie atrasado se correlacionó significativamente con el tiempo de acción y con la velocidad de acción; las velocidades de acción se correlacionaron significativamente; y finalmente, el tiempo de acción se correlacionó significativamente.

A manera de resumen general de todas las correlaciones analizadas, se puede afirmar que las pruebas de laboratorio o de pruebas generales se correlacionan significativa y moderadamente con las pruebas de campo o específicas. Estas correlaciones justifican la realización de dichas pruebas en condiciones de laboratorio, no tan elaboradas ni específicas como las pruebas de campo, pues requieren de traslado de equipos hacia los escenarios deportivos, pero al correlacionarse significativamente se puede inferir que quienes sean rápidos en estas pruebas de laboratorio también lo serán en el escenario deportivo.

Conclusiones

Con respecto a la lateralidad (derecha-izquierda)

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tiempo de reacción para la mano izquierda, con estímulos visuales.

El tiempo de acción de las manos por el lado derecho es menor ($p < 0.05$) que por el lado izquierdo. En el caso de los pies, aunque no existieron diferencias significativas, se observó una tendencia a menores tiempos en el lado izquierdo.

La velocidad de acción fue mayor estadísticamente ($p < 0.05$) por el lado derecho.

Con respecto al canal de estimulación (visual-auditivo)

En todas las pruebas generales, los valores del canal visual fueron estadísticamente diferentes ($p < 0.05$), siendo los tiempos de reacción y acción menores y la velocidad de acción mayor.

Con respecto al segmento corporal (mano-pie)

En todas las pruebas generales, los valores de los tiempos de reacción y de acción realizados con la mano fueron estadísticamente diferentes (menores) que los de los pies. La velocidad de acción fue mayor para las manos.

Con respecto al género (masculino-femenino)

No se encontraron diferencias significativas en el tiempo de reacción.

Existieron diferencias significativas en el tiempo de acción y velocidad de acción. Tanto el tiempo de acción como la velocidad de acción fueron significativamente diferentes, siendo en el género masculino el que presentó menores tiempos y mayor velocidad de acción.

Con respecto al deporte (esgrima-karate-taekwondo-boxeo-velocistas)

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de reacción de las pruebas generales, en los diferentes deportistas.

Los taekwondistas fueron los deportistas que presentaron los menores tiempos de acción y mayores velocidades de acción.

Con respecto a los tiempos de reacción y acción:

Los tiempos de reacción fueron significativamente menores que los tiempos de acción, tanto en las pruebas visuales como auditivas.

Referencias

- Abrahamse, E., & Noordzij, M. (2011). Designing training programs for perceptual-motor skills: Practical implications from the serial reaction time task. *European Review of Applied Psychology*, 61(2), 65-76. <https://doi.org/10.1016/j.erap.2010.12.001>
- Adnan, N., Ab Patar, M., Lee, H., Yamamoto, S., Jong, L., & Mahmud, J. (2018). Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 342(1), 012097. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/342/1/012097>
- Aguado, X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva*. Zaragoza: Inde.
- Annett, M. (1960). In defence of the right shift theory. *Perceptual and Motor Skills*, 82, 115-137. <https://doi.org/10.2466/pms.1996.82.1.115>
- Annett, A. (1972). The distribution of manual asymmetry. *British Journal of Psychology*, 63(3), 343-358. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1972.tb01282.x>

- Asai, T., Sugimori, E., & Tanno, Y. (2010). Two agents in the brain: motor control of unimanual and bimanual reaching movements. *PLoS ONE*, 5(4), e10086. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010086>
- Ashoke, B., Shikha, D., & Sudarsan, B. (2010). Reaction time with respect to the nature of stimulus and age of male subjects. *Journal of Sport and Health Research*, 2(1), 35-40. http://journalshr.com/papers/Vol%202_N%201/V02_1_5.pdf
- Badau, D., Baydil, B., & de la Badau, A. (2018). Differences among three measures of reaction time based on hand laterality in individual sports. *Sports*, 6, 45. <https://doi.org/10.3390/sports6020045>
- Barnard College (2021). *Reaction time apparatus. History of Psychology Collection*. New York: Columbia University. <https://bit.ly/3j7pvxQ>
- Barrera, S.M., & Ortiz, F. (2014). Valores de referencia de los estudios de neuroconducción de miembros inferiores en adultos jóvenes. *Revista de Salud Pública*, 16(3), 443-452. <https://doi.org/10.15446/rsap.v16n3.35592>
- Barthélémy, S., & Boulinguez, P. (2002). Manual asymmetries in the directional coding of reaching: further evidence for hemispatial effects and right hemisphere dominance for movement planning. *Experimental Brain Research*, 147, 305-312. <https://doi.org/10.1007/s00221-002-1247-x>
- Bhabhor, M., Vidja, K., Bhandari, P., Dodhia, S., Kathrotia, R., & Joshi, V. (2013). A comparative study of visual reaction time in table tennis players and healthy controls. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 57(4), 439-442. https://ijpp.com/IJPP%20archives/2013_57_4_Oct%20-%20Dec/439-442.pdf
- Borysiuk, Z., & Sadowski, J. (2007). Time and spatial aspects of movement anticipation. *Biology of Sport*, 24, 285-295. <http://31.186.81.235:8080/api/files/view/14143.pdf>
- Borysiuk, Z., & Waskiewicz, Z. (2008). Information processes, stimulation, and perceptual training in fencing. *Journal of Human Kinetics*, 19, 63-82. <https://doi.org/10.2478/v10078-008-0005-y>
- 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. <https://archives.rpd-online.com/article/download/v24-n2-brusque-crocetta-andrade/1428-6476-2-PB.pdf>
- Cáceres, L., & Palacios, F. (2017). *Utilización del software Kinovea para evaluar la biomecánica de la marcha en pacientes con hemiparesia por secuela de evento cerebrovascular, que acuden al centro de rehabilitación Luis Vernaza de la ciudad de Guayaquil* (Trabajo de grado). Universidad Católica de Guayaquil, Facultad de Ciencias

Médicas.

<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/9250/1/T-UCSG-PRE-MED-TERA-105.pdf>

- Carratalá, V., 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.
<https://www.cafyd.com/REVISTA/ojs/index.php/ricyde/article/view/235/150>
- Chaabène, H., Hachana, Y., Franchini, E., Mkaouer, B., & Chamari K. (2014). Physical and physiological profile of elite karate athletes. *Sports Medicine*, 42(10), 829-843.
<https://doi.org/10.1007/BF03262297>
- Corballis, M.C. (1997). The genetics and evolution of handedness. *Psychology Review*, 104, 714-727. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.104.4.714>
- Criollo, K., Espinoza, F., Calero, S., Chávez, E., & Fleitas. I. (2018). Análisis biomecánico en la marcha deportiva. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(2), 9-17.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v37n2/ibi02218.pdf>
- Darbutas, T., Juodžbalienė, V., Skurvydas, A., & Kriščiunas, A. (2013). Dependence of reaction time and movement speed on task complexity and age. *Medicina*, 49(1), 4.
<https://doi.org/10.3390/medicina49010004>
- De Brito, A., Silva, C., Cid, L., Ferreira, D., & Marques, A. (2011). Atención y tiempo de reacción en practicantes de kárate Shotokan. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 6(1), 141-156.
<http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/artesmarciales/article/download/88/68>
- Dube, S., Mungal, S., & Kulkarni, M. (2015). Simple visual reaction time in badminton players: a comparative study. *National Journal of Physiology, Pharmacy & Pharmacology*, 5(1), 18-20. <https://doi.org/10.5455/njppp.2015.5.080720141>
- Estevez, F. (2015). Construcción de una tabla de valores referenciales para un laboratorio de neurofisiología. *Revista Ecuatoriana de Neurología*, 18(1-2), 1-7.
http://revecuatneurol.com/magazine_issue_article/construccion-tabla-de-valores-referenciales-para-neurofisiologia/
- Fernández, O. (2010). Historias de los tiempos de reacción. *Atletismo Español*, 635, 60-61
- Gavkare, A., Nanaware, N., & Surdi, A. (2013). Auditory reaction time, visual reaction time and whole body reaction time in athletes. *Indian Medical Gazette*, 47(6), 214-219.
<https://imsear.searo.who.int/handle/123456789/157515>
- Ghuntla, T., Mehta, H., Gokhale, P., & Shah, C. (2012). A comparative study of visual reaction time in basketball players and healthy controls. *National Journal of Integrated*

- Research in Medicine*, 3(1), 49-51.
<http://nicpd.ac.in/ojs-/index.php/njirm/article/view/1966/1787>
- González, J., & Sánchez, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352.
<https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Hepper, P., Wells, D., & Lynch, C. (2005). Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia*, 43(3), 313-315.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.08.009>
- Hermann, G., Scholz, M., Vieten, M., & Kohloeffel, M. (2008). Reaction and performance time of taekwondo top-athletes demonstrating the balding-chagi. In 26th *International Symposium on Biomechanics in Sport*.
<https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1873/1742>
- Hernández, M., & García, V. (2013). Análisis del tiempo de reacción en taekwondistas de distinto nivel de pericia. *Athlos Revista Internacional de Ciencias Sociales de la Actividad Física, el Juego y el Deporte*, 5(5), 18-41.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5311415.pdf>
- Horcajada, R. (2012). *Apuntes generales de anatomía morfológica aplicada. Cánones y proporciones*. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Bellas Artes de San Fernando, Departamento de Dibujo I.
[https://eprints.ucm.es/id/eprint/13413/1/CÁNONES ANTROPOMETRICOS APLICADOS AL DIBUJO DE FIGURA.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/13413/1/CÁNONES_ANTROPOMETRICOS_APLICADOS_AL_DIBUJO_DE_FIGURA.pdf)
- Jiménez, J., Penichet, A., Villalón, L., & Pueo, B. (2020). Validity and reliability of smartphone high-speed camera and Kinovea for velocity-based training measurement. *Journal of Human Sport and Exercise* (in press). <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.164.11>
- Knetch, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E., & Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123(12), 2512-2518. <https://doi.org/10.1093/brain/123.12.2512>
- 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.
<https://doi.org/10.2478/v10078-011-0083-0>
- Lotter, W. (1960). Interrelationships among reaction times and speeds of movement in different limbs. *Research Quarterly*, 31(2), 147-155.
<https://doi.org/10.1080/10671188.1960.10613090>
- Márquez, M., & Rodríguez, M. (2002). Influencia del entrenamiento con pesas sobre la memoria y el tiempo de reacción. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 2, 31-40.
<https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4790897.pdf>

- Martínez, O. (2003). *El tiempo de reacción visual en el karate* (Tesis doctoral). Universidad politécnica de Madrid.
http://oa.upm.es/765/1/OSCAR_MARTINEZ_DE_QUEL_PEREZ.pdf
- Martínez, M., Sánchez, A., & Faulín, F. (2006). *Bioestadística Amigable*. Editorial Díaz de Santos.
- 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, 3-12. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3639211.pdf>
- Mcleod, P., & Jenkins, S. (1991). Timing accuracy and decision time in high-speed ball games. *International Journal of Sport Psychology*, 22, 279-295.
- Mieschke, P., Elliott, D., Helsen, W., Carson, R., & Coull, J. (2001). Manual asymmetries in the preparation and control of goal-directed movements. *Brain and Cognition*, 45(1), 129-140. <https://doi.org/10.1006/brcg.2000.1262>
- Ng, A., & Chan, A. (2012). Finger response times to visual, auditory, and tactile modality stimuli. In *Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientist*. Hong Kong.
http://www.iaeng.org/publication/IMECS2012/IMECS2012_pp1449-1454.pdf
- Nikam, H., & Gadkari, J. (2012). Effect of age, gender, and body mass index on visual and auditory reaction times in Indian population. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 56(1), 94-99.
https://www.ijpp.com/IJPP%20archives/2012_56_1_Jan%20-%20Mar/Jan-journal-2012.pdf#page=98
- 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.
<http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/1019/1/16158003.pdf>
- Nor, N., Ab, M., Lee, H., Yamamoto, S., Jong-Young, L., & Mahmud, J. (2018). Biomechanical analysis using Kinovea for sports application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 342 012097. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/342/1/012097/pdf>
- Pain, M., & Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), 79-86. <https://doi.org/10.1080/02640410600718004>
- Peinado, D., Torres, M., García, M., & Mendoza, N. (2015). Análisis del tiempo de reacción en personas con y sin discapacidad intelectual en función del deporte practicado. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 29(10), 145-154. <https://doi.org/10.12800/ccd.v10i29.560>

- 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.
- Pérez, J., Soto, J., & Rojo, J. (2011). Estudio del tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27, 149-162.
[http://oa.upm.es/12070/1/INVE MEM 2011 109221.pdf](http://oa.upm.es/12070/1/INVE_MEM_2011_109221.pdf)
- Pértegas, S., & Pita, S. (2002). Determinación del tamaño muestral en estudios de casos y controles. *Cadernos de Atención Primaria*, 9(3), 148-150.
- Ramón, G., Gaviria, S., Teller, D., Calderón, M., & Ruiz, V. (2016). Escala de evaluación del tiempo de reacción y de acción visual y auditivo en karatecas antioqueños juveniles. *VIREF Revista de Educación Física*, 5(1), 1-16.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/viref/article/view/323446/20780751>
- Rattray, B., & Smee, D. (2013). Exercise improves reaction time without compromising accuracy in a novel easy-to-administer tablet-based cognitive task. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 567-570. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.007>
- Ríos, A. (2011). *Los cambios dentro del taekwondo moderno*. MasTK.
<http://mastkd.com/2010/11/los-cambios-dentro-del-taekwondo-moderno/>
- Robles, J. (2014). *El tiempo de reacción específico visual en deportes de combate* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Madrid.
https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/661009/robles_perez_josejuan.pdf?sequence=1
- Rosen, G. (1996). Cellular, morphometric, ontogenetic, and connectional substrates of anatomical asymmetry. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 20(4), 607-615.
[https://doi.org/10.1016/0149-7634\(95\)00073-9](https://doi.org/10.1016/0149-7634(95)00073-9)
- 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.
<https://doi.org/10.1080/02640410903502782>
- Santafé, Y., Muñoz, L., & Mendoza, L. (2016). Análisis biomecánico del gesto técnico en barras paralelas en la gimnasia olímpica. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 1(27), 73-79.
http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/2539
- Santos, V., Santos, V., Felipe, L., Almeida, J., Bertuzzi, R., Kiss, M., & Lima, A. (2014). Caffeine reduces reaction time and improves performance in simulated-contest of taekwondo. *Nutrients*, 6(2), 637-649. <https://doi.org/10.3390/nu6020637>
- Shelton, J., & Kumar, G. (2010). Comparison between auditory and visual simple reaction times. *Neuroscience & Medicine*, 1, 30-32. <https://doi.org/10.4236/nm.2010.11004>

- Suárez, E. (2010). Consideraciones acerca del desarrollo de la velocidad en taekwondo. <https://www.sobretaekwondo.com/consideraciones-acerca-del-desarrollo-de-la-velocidad-en-tkd/>
- Taware, G., Bhutkar, M., Bhutkar, P., Doijad, V., & Surdi, A. (2012). Effect of age on audio-visual and whole body reaction time. *Al Ameen Journal of Medical Science*, 5(1), 90-94. <http://ajms.alameenmedical.org/articlepdfs/AJMS.5.1.2012%20P%2090-94.pdf>
- Valencić, V., Knez, N., & Šimunic, B. (2001). Tensiomyography: detection of skeletal muscle response by means of radial muscle belly displacement. *Biomedical Engineering*, 1, 1-10. <http://www.tensiomyograph.de/download/Eval-E.pdf>
- Vences, A., Silva, C., Cid, L., Ferreira, D., & Marqués, A. (2011). Atención y tiempo de reacción en practicantes de karate Shotokan. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 6(1), 143-156. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3703181&orden=392777&info=link>
- Vinuesa, M., & Vinuesa, I. (2006). *Conceptos y métodos para el entrenamiento físico*. Madrid: Esteban Sanz.
- Weineck, J. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Wilkerson, G. (2012). Neurocognitive reaction time predicts lower extremity sprains and strains. *International Journal of Athletic Therapy & Training*, 17(6), 4-9. <https://doi.org/10.1123/ijatt.17.6.4>
- Wright, C. (2001). Mechanism of left-right asymmetry: what's right and what's left? *Development Cell*, 1, 179-186. [https://doi.org/10.1016/S1534-5807\(01\)00036-3](https://doi.org/10.1016/S1534-5807(01)00036-3)
- Yamauchi, M., Imanaka, K., Nakayama, M., & Nishizawa, S. (2004). Lateral difference and interhemispheric transfer on arm-positioning movement between right and left handers. *Perceptual and Motor Skills*, 98, 1199-1209. <https://doi.org/10.2466/pms.98.3c.1199-1209>
- Yüksel, M., & Tunç, G. (2018). Examining the reaction times of international level badminton players under 15. *Sports*, 6(1), 20. <https://doi.org/10.3390/sports6010020>
- Zatsiorsky, V. (1995). *Science and practice of strength conditioning*. Human Kinetics.