universidad
de león

TESIS DOCTORAL

Estudio de la influencia de un
programa de entrenamiento de fuerza
en el tiempo de movimiento en
tiradores de esgrima de élite nacional.

Departamento de Educación Física y Deportiva

CRUZ JOSÉ ALONSO TEMIÑO.
León, 2014

Tesis Doctoral presentada por:

D. CRUZ JOSÉ ALONSO TEMIÑO.

Departamento: EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA

Titulada: Estudio de la influencia de un programa de entrenamiento de la fuerza en el tiempo de movimiento en tiradores de esgrima de élite nacional

Dirigida por el Doctor: D. JUAN CARLOS REDONDO CASTÁN

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer y dedicar este trabajo a mi familia. En primer lugar a mi mujer, Chiqui, y mis hijos, David y Nacho, a los que tantas horas he quitado y tanto me han ayudado y apoyado. A mis padres que me sirvieron de ejemplo y a mis hermanos.

A mi director Juan Carlos Redondo Castán por sus consejos, aportaciones y paciencia en este largo proceso.

A todos los miembros del Valladolid Club de Esgrima sin cuya participación hubiera sido imposible esta tesis. Especialmente a mis compañeros con las armas Moncho, Juanra e Isabel con los que durante los últimos 25 años he profundizado en el conocimiento de la esgrima.

Parte de los resultados de esta tesis doctoral han sido objeto de las siguientes publicaciones y comunicaciones:

ARTICULOS ORIGINALES

Redondo, J. C.; Alonso, C. J.; Sedano, S. y De Benito, A. M. (2013). Validación de un protocolo para la medición del tiempo de reacción y tiempo de movimiento en esgrima. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 30, 13-22.

COMUNICACIONES

Alonso, C. J., Sedano, S., De Benito, A. M., Cuadrado, G., y Redondo, J. C. (2010). Validación de un test de medición del tiempo de reacción y movimiento en esgrima. VI Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Elche. Universidad Miguel Hernández de Elche.

ÍNDICES

ÍNDICE GENERAL

1.- ANTECEDENTES	1
1.1.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA	3
1.2.- LA ESGRIMA MODERNA	5
1.2.1.- Aspectos técnicos	5
1.2.2.- La competición	7
1.3.- FACTORES DE RENDIMIENTO EN ESGRIMA	9
1.3.1.- El Tiempo de Reacción (TR)	13
1.3.2.- El Tiempo de Movimiento (TM)	21
1.3.3.- El Tiempo de Total de Respuesta (TTR)	22
1.3.4.- Tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta en esgrima	23
1.3.5.- La Fuerza	26
1.3.6.- La Fuerza en esgrima	32
2.- OBJETIVOS	37
3.- METODOLOGÍA	41
3.1.- MUESTRA	43
3.1.1.- Muestra para la validación del test	43
3.1.2.- Muestra para el estudio de la evolución TR y TM en competición simulada	43
3.1.3.- Muestra para el estudio de la influencia del entrenamiento de fuerza en TM y TR	44
3.2.- MATERIAL	44
3.2.1.- Material empleado en la toma de datos antropométricos	44
3.2.2.- Material empleado en la toma de datos referentes a la fuerza	45
3.2.3.- Material empleado en la medición de TM y TR	45
3.2.4.- Material empleado en la validación del protocolo de medición de TM y TR	45
3.2.5.- Material empleado en el entrenamiento específico	46
3.2.6.- Material empleado en el almacenamiento y tratamiento de datos.	46

3.3.- PROCEDIMIENTO	47
3.3.1.- Toma de datos antropométricos	48
3.3.2.- Toma de datos de Fuerza Máxima	50
3.3.3.- Toma de datos de Fuerza Explosiva	51
3.3.4.- Toma de datos de TR y TM específico de esgrima	52
3.3.5.- Variables estudiadas	61
3.3.6.- Estudio de la evolución del TTR en competición simulada	62
3.3.7.- Características generales del programa de entrenamiento de la fuerza	63
3.3.8.- Controles efectuados	65
3.3.9.- Tratamiento estadístico de los datos	66
4.- RESULTADOS	69
4.1.- RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE MEDICIÓN DEL TR Y TM	71
4.2.- RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL TR Y TM EN COMPETICIÓN SIMULADA.	72
4.3.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD	74
4.4.- RESULTADOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS	76
4.4.1.- Resultados obtenidos en las variables antropométricas	76
4.4.2.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza máxima	77
4.4.3.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza explosiva	79
4.4.4.- Resultados obtenidos en las variables de TR y TM	80
4.5.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO EN AMBOS GRUPOS (GC Y GE).	82
4.5.1.- Resultados obtenidos en las variables de antropométricas	84
4.5.2.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza máxima	86
4.5.3.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza explosiva	88
4.5.4.- Resultados obtenidos en las variables de TR y TM	89

5.- DISCUSIÓN	91
5.1.- VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	93
5.2.- VARIABLES DE FUERZA MÁXIMA Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	96
5.3.- VARIABLES DE FUERZA EXPLOSIVA Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	97
5.4.- VARIABLES DE TR Y TM Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA	102
6.- CONCLUSIONES	107
7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
8.- ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Características de tiempo-movimiento de una ED 64 en competición internacional, calculado para el ganador.	9
Tabla 1.2: Otros términos utilizados para nombrar al Tiempo de Reacción y autores que los usan.	15
Tabla 1.3: Términos utilizados para nombrar al Tiempo de Movimiento y autores que los usan.	21
Tabla 1.4: Otros términos utilizados para nombrar al Tiempo de Movimiento y autores que los usan	21
Tabla 1.5: Términos utilizados para nombrar al Tiempo Total de Respuesta y autores que los usan	22
Tabla 3.1: Datos demográficos y antropométricos de los atletas (Media $\pm$ SD)	44
Tabla 3.2: Régimen del programa común de entrenamiento del GE y GC durante el estudio.	64
Tabla 3.3: Régimen del programa de entrenamiento de la fuerza.	65
Tabla 4.1: Tiempo medio, coeficiente de variación (ICC) y ANOVA del TR y TM en función del sistema de medición utilizado (fotocélulas laser y sistema Vicon).	72
Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos TR en las distintas fases competitivas. Tiempo en segundos.	72
Tabla 4.3: Estadísticos de contraste TR en las distintas fases competitivas.	72
Tabla 4.4: Estadísticos descriptivos TM en las distintas fases competitivas. Tiempo en segundos	73
Tabla 4.5: Estadísticos de contrastes TM en las distintas fases competitivas.	73
Tabla 4.6: Resultados de la prueba Z de K-S en las variables analizadas en cada una de las pruebas del estudio.	74
Tabla 4.6: Resultados de la prueba Z de K-S en las variables analizadas en cada una de las pruebas del estudio. (continuación)	75
Tabla 4.7: Resultados obtenidos del cálculo del CCI para las variables dependientes.	75
Tabla 4.8: Resultados obtenidos en variables antropométricas.	76
Tabla 4.9: Resultados obtenidos en variables del entrenamiento de la fuerza máxima.	78
Tabla 4.10: Resultados obtenidos en variables de fuerza explosiva.	79

Tabla 4.11: Resultados obtenidos en variables de TR y TM.	81
Tabla 4.12: Resultados obtenidos en la prueba t para muestras independientes.	82
Tabla 4.13: Análisis comparativo de la evolución de las distintas variables a lo largo de la intervención del programa de entrenamiento.	83
Tabla 5.1: Análisis comparativo entre los datos de SJ y CMJ de nuestro grupo T1 y datos de otros estudios.	100

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1.1: Sable (izquierda), florete (centro) y espada (derecha).	5
Figura 1.2: Fondo de esgrima	7
Figura 1.3: Flecha de esgrima	7
Figura 1.4: Pista de esgrima.	8
Figura 1.5: Esquema de modelo de estructura de rendimiento en esgrima.	11
Figura 1.6: Resumen de los factores determinantes de la fuerza.	28
Figura 3.1: Materiales empleados	45
Figura 3.2: Máquina utilizadas: trabajo de piernas (izda.) y para pectorales (dcha.).	46
Figura 3.3: Protocolo de ejecución del SJ.	52
Figura 3.4: Posiciones inicial (izquierda) y final (derecha) del test	54
Figura 3.5: Distancia entre líneas y posición de los pies de tirador (izda.) y maestro (dcha.)	55
Figura 3.6: Situación de la barrera de láser que corta el tirador con su cazoleta	56
Figura 3.7: Posición inicial del test con las medidas	59
Figura 3.8: Sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System, León, España) y sistema VICON de análisis 3D	60
Figura 3.9: Plantilla de análisis del sistema VICON de análisis 3D, para cuerpo y arma del tirador y el arma y el pecho del maestro.	60
Figura 4.1: Representación gráfica de la distancia desde el origen (mm) en el tiempo (ms) de los marcadores ESP_1A, ESP_1C, ESP_2A y TAR_1, captados con sistema Vicon de análisis 3D a 100 Hz.	71
Figura 4.2: Evolución del TM del fondo en competición simulada. Tiempo en segundos	73
Figura 4.3: Evolución de la Masa Corporal en el GE y en el GC.	76
Figura 4.4: Evolución de la Masa Grasa en el GE y en el GC.	77
Figura 4.5: Evolución de la Masa Muscular en el GC y en el GE.	77
Figura 4.6: Evolución de 1 RM Pectorales en el GC y en el GE.	78
Figura 4.7: Evolución de 1 RM Sentadillas en el GC y en el GE.	78
Figura 4.8: Evolución de 1 RM Gemelos en el GC y en el GE.	79
Figura 4.9: Evolución de SJ en el GC y en el GE.	80

Figura 4.10: Evolución de CMJ en el GC y en el GE.	80
Figura 4.11: Evolución de TM en el GC y en el GE.	81
Figura 4.12: Evolución de TR en el GC y en el GE.	81
Figura 4.13: Masa corporal en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	84
Figura 4.14: Porcentaje de masa grasa en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	84
Figura 4.15: Porcentaje de masa muscular en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	85
Figura 4.16: Representación gráfica del somatotipo para GE y GC. (somatocarta).	85
Figura 4.17: 1 RM en sentadillas en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	86
Figura 4.18: 1 RM en gemelos en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	87
Figura 4.19: 1 RM en Press banca horizontal en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	87
Figura 4.20: Altura de salto en SJ en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	88
Figura 4.21: Altura de salto en CMJ en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	89
Figura 4.22: Segundos de TM en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	89
Figura 4.23: Segundos de TR en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.	90

ABREVIATURAS:

2D: Dos dimensiones.

3D: Tres dimensiones.

ABS: Absoluta.

ANOVA: Análisis de varianza de un solo factor.

CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase.

CEA: Ciclo de Estiramiento-Acortamiento.

cm: Centímetro.

CMJ: Salto con contramovimiento (counter movement jump).

ej : Ejemplo.

ESP_1: Arma del tirador

ESP_1A: Marcador de la espada del alumno, próxima a la cazoleta

ESP_1C: Marcador de la espada del alumno, en la punta

ESP_2: Arma del maestro

ESP_2A: Marcador de la espada del maestro, próxima a la cazoleta

etc: etcétera.

F: F de Snedecor.

FC: Frecuencia cardiaca.

FT: Fibras rápidas (musculares).

GC: Grupo control.

GE: Grupo experimental.

IMF: Índice de manifestación de fuerza.

M15: Menores de 15 años.

ms: Milisegundo.

N: Número.

RM: Repetición máxima.

R_{xy}: Coeficiente de correlación de Pearson.

SD: Desviación estándar.

sg: Segundos.

Sig: Significación asintótica.

SJ: Squat Jump.

ST: Fibras lentas (musculares).

M0: Momento de inicio del movimiento espada maestro

M1: Momento de inicio del movimiento espada alumno

T1: Toma primera.

M2: Momento en que coinciden punta alumno y plano pecho maestro

T2: Toma segunda.

T3: Toma tercera.

T3x5m: Test de 3x5m con desplazamientos de esgrima (protocolo específico de esgrima).

T4: Toma cuarta.

TAR_1: pecho del maestro

TF: Test de fondo (protocolo específico de esgrima).

TFS: Test de fondo con salto (protocolo específico de esgrima).

TIR_1: Tirador

TM: Tiempo de Movimiento.

TMF: Tiempo de movimiento medido con las fotocélulas.

TMV: Tiempo de movimiento medido con el sistema VICOM.

TR: Tiempo de Reacción.

TRE: Tiempo de Reacción Electiva

TRF: Tiempo de reacción medido con las fotocélulas.

TRS: Tiempo de Reacción Simple.

TRV: Tiempo de reacción medido con el sistema VICOM.

TTR: Tiempo Total de Respuesta.

1- ANTECEDENTES

1.1.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El hombre desde la prehistoria, consciente de su inferioridad física frente a otros depredadores, ha necesitado utilizar armas para enfrentarse a los mismos y cazar. Estas armas fueron evolucionando de palos, a piedras, huesos y por fin metales. Estas mismas armas fueron también utilizadas para defenderse de otros hombres o para atacarles (COE-RFEE, 1993; Iglesias, 1997). Desde muy antiguo el hombre se ha ejercitado para mejorar el uso de las armas y ha estudiado y enseñado el manejo de las mismas. La primera espada que se conoce tiene una antigüedad estimada de cincuenta siglos. Se descubrió en la tumba de Sargón, primer rey de Ur, en Caldea (COE-RFEE, 1993). Los primeros estudios teóricos de los que se tiene constancia, se hayan recogidos en uno de los libros sagrados indios (COE-RFEE, 1993).

La esgrima, pronto trascendió del uso utilitario a lo cultural. Comenzó a ser un elemento tanto en las festividades religiosas, como en las paganas. En el año 1190 a.C., Ramses III, encargó esculpir un bajorrelieve en el templo de Medinet-Abou representando una competición de esgrima en honor del faraón para celebrar la victoria sobre los libios (Llorente, 1985). Los griegos, tanto en los Juegos Olímpicos, como en los Istmicos, practicaban varios géneros de esgrima (COE-RFEE, 1993; Lacaze, 1991 en Iglesias, 1997). Los romanos fueron los creadores de la primera organización de enseñanza de la esgrima. Los gladiadores, que celebraban sus combates en el circo romano, comenzaron a realizar entrenamientos sistemáticos que posteriormente se trasladaron a los soldados romanos que eran instruidos por maestros de esgrima o "lanistae", (Iglesias, 1997). En la Edad Media se comienza a utilizar las dos manos en el manejo de la espada, debido a la aparición de las armaduras, lo que obligaba a derribar a los contrarios y romper las armaduras con armas muy pesadas, (COE-RFEE, 1993; Iglesias, 1997). La aparición de la pólvora en Europa en el siglo XVI provocó, contrariamente a lo que se pueda pensar, el desarrollo de la esgrima moderna, (COE-RFEE, 1993). Cuando las armas blancas dejan de ser un elemento de defensa, esta actividad pasa a ser un divertimento, aunque los duelos a muerte o primera sangre se han mantenido hasta los primeros años del siglo XX.

Como podemos deducir de este corto recorrido histórico, la esgrima se ha considerado y tratado de forma diferente a lo largo de la historia. Saucedo (1997) señala:

En un principio se consideró como una actividad necesaria para la existencia de la raza, para poder sobrevivir defendiéndose de los animales y las demás tribus y pueblos guerreros; (...) A la esgrima la hemos catalogado en este periodo, como una actividad preparatoria para la guerra.

Posteriormente se habla de arte, de ciencia, y es durante los siglos XIII y XV cuando tratan de demostrar por todos los medios que la esgrima es una ciencia. (...).

Para nosotros, es a raíz del siglo XVIII, cuando podemos hablar de la esgrima en sentido deportivo buscando la competición y la mejora física, dejando de considerarla como arte o ciencia. (pp. 139-140)

En la actualidad la esgrima se practica en todo el mundo con tres armas, espada, florete y sable, con características muy diferentes unas a otras. Los deportistas se especializan en una sola arma. La esgrima está en el calendario olímpico desde los primeros Juegos Olímpicos, aunque su presencia ha variado con los años. En los primeros Juegos de Atenas, en 1896, se desarrollaron competiciones en tres especialidades: florete para maestros, florete individual y sable individual. Durante los Juegos de París en 1900 ya están presentes las tres armas individuales masculinas, al incorporarse la espada individual amateur y para maestros. Aunque en 1908 en Londres no se celebra competición de florete, al no ponerse de acuerdo sobre las reglas. Las armas femeninas comienzan en el calendario olímpico en los Juegos de París de 1924 con la entrada del florete individual. La espada femenina individual demoró su integración setenta y dos años, comenzando en Atlanta 1996. Por último el sable femenino individual tuvo que esperar dos cambios de siglo y que los Juegos volvieran a Atenas y para entrar en 2004.

En cuanto a las competiciones por equipos también se han ido incorporando de forma escalonada. La primera competición por equipos data de los Juegos de San Luis en 1904 con equipos de florete masculino. Durante los Juegos de Londres de 1908 se celebraron competiciones de equipos de espada y sable masculinos, pero no de florete. A partir de los Juegos de Amberes en 1920 se desarrollan competiciones por equipos en las tres armas masculinas. En 1960 en los Juegos de Roma se incorpora la competición de equipos de florete femenino. Durante los Juegos de Atlanta en 1996 entran los equipos de espada femenina. El último cambio en la competición por equipos tiene lugar en Pekín 2008. Se incorpora la competición de equipos de sable femenino pero solo se celebran competiciones de equipos en cinco armas. Queda fuera del calendario olímpico de Pekín la competición por equipos de florete masculino, dejando de celebrarse en cada olimpiada una distinta, de forma rotativa. La esgrima también está presente en los Juegos Paralímpicos desde los primeros, en Roma en 1960.

Las diferencias entre unas y otras armas están en la forma del arma, como se pueden apreciar en la Figura 1.1, en cómo se da el tocado, en las superficies en las que se puede tocar y en las condiciones para que un tocado sea considerado válido. Todo esto hace que las armas se diferencien en los aspectos tácticos y en la tipología de los practicantes.

Figura 1.1: Sable (izquierda), florete (centro) y espada (derecha).

La espada es el arma más real ya que no existe la convención. La convención son las normas que determinan, en caso de que haya dos tocados, cual es el válido y cual queda anulado. En espada, los tocados sólo se pueden dar con la punta y la superficie válida es todo cuerpo. El florete es un arma más ligera que la espada, sólo se puede tocar con la punta y la superficie válida es el tronco. El sable es un arma en la que se puede tocar con la punta, con el filo y con el contrafilo, la superficie en la que se puede tocar es desde las caderas hacia arriba en cualquier parte. En espada se instauró la medición de los tocados con aparatos eléctricos en 1936, en el florete se inició en 1956 y por último en el sable se instauró en 1988.

1.2.- LA ESGRIMA MODERNA

1.2.1.- Aspectos técnicos

Dado que la tesis se desarrolla únicamente con la espada, los aspectos que a continuación se desarrollan están enfocados a este arma. Aunque en la mayoría de los casos pueden ser aplicados a las otras dos armas.

Los practicantes de esgrima, denominados tiradores, durante el asalto adoptan una posición tanto del cuerpo, como con del arma que se denomina “*guardia*”. Esta posición es la que permite al tirador estar en todo momento dispuesto al ataque y a la defensa. Cada arma tiene su guardia características, aunque la guardia de piernas es básicamente la misma para las tres armas.

Arkayev (1980) define la posición de guardia como:

“La posición más ventajosa del esgrimista para desarrollar el combate: es decir, en la posición cómoda para efectuar tanto acciones de ataque, como de defensa y de maniobras. Casi todas las medidas del combate se realizan desde esta posición y su anomalía conduce frecuentemente a errores en la realización de dichas medidas. A causa de esto es necesario estudiar la posición de

combate con especial cuidado, para alcanzar una base sólida en todos sus detalles. (p. 110)

Por su parte, Iglesias (1997) describe la posición de guardia, como:

La posición básica de esgrima que permite al tirador estar preparado para el ataque y la defensa. El tirador se sitúa con los pies en ángulo recto y separados por los tacones una distancia cercana a un pie y medio. El tirador presenta una leve flexión de piernas hasta crear una Figura similar a la de un pentágono. El cuerpo se perfila para ofrecer menos blanco al adversario y con el brazo armado flexionado amenaza el blanco válido del rival. (p. 26)

Los desplazamientos en esgrima vienen determinados por varios factores: la necesidad de partir de una posición que permita tanto defenderse como atacar, la necesidad de ofrecer al contrario la menor superficie de blanco posible y el terreno de juego, la pista, que es un pasillo entre uno y dos metros de ancho. Cuando un tirador avanza con el objetivo de acercarse al contrario, normalmente utiliza la “*marcha*”. Partiendo de la posición de guardia, comienza con el desplazamiento del pie delantero (un pie aproximadamente) apoyando solo el talón; después al mismo tiempo que se apoya la planta del pie delantero, se aproxima el trasero, hasta volver a la posición de guardia. El desplazamiento más utilizado para alejarse del contrario se denomina “*romper*”. El desplazamiento es idéntico pero inverso al descrito en la marcha.

Dentro de los movimientos ejecutados en la competición de esgrima, la acción ofensiva es el componente que más determina el éxito. Las acciones de esgrima se caracterizan por la velocidad de ejecución de las técnicas de mano y por la velocidad del movimiento de las extremidades inferiores (Iglesias, 1997). Dentro de las acciones ofensivas específicas de la esgrima, el fondo y la flecha (sin cruzar los pies en el caso de los tiradores de sable) son los dos desplazamientos que más se ejecutan, realizándose ambos a la máxima velocidad. (Juárez, López de Subijana, De Antonio, González y Navarro, 2008). También son los desplazamientos más exigentes a nivel físico.

Para explicar la realización del fondo tomaremos de Thirioux (1970) cómo desarrollar la acción. Desde la posición de guardia, extender completamente el brazo armado, luego lanzar el pie delantero rozando el suelo con una patada hacia adelante, con el talón cerca del suelo y extender la pierna atrasada en la cual el pie (punto de apoyo) mantiene el contacto con el suelo. Proyectar al mismo tiempo el brazo no armado hacia atrás colocándolo paralelo a la pierna izquierda. El pie delantero se apoya en el suelo por el talón, la rodilla sensiblemente sobre la vertical, pasando por el punto medio del pie, el cuerpo ligeramente inclinado adelante y con la mano derecha a nivel de los ojos. En la Figura 1.2, se aprecia un fondo en plena ejecución durante un asalto de esgrima.

Figura 1.2: Fondo de esgrima

Thirioux (1970), explica cómo realizar la flecha. Estando en la posición de guardia, extender completamente el brazo derecho, con la mano a la altura del hombro, desplazar progresivamente el centro de gravedad del cuerpo hacia delante, hasta el desequilibrio, el tronco se mantiene ligeramente inclinado, extender la pierna delantera en el instante en el que el pie de atrás deja el suelo. La extensión es facilitada por una flexión ligeramente más pronunciada de la rodilla en el momento del desequilibrio. Las piernas, el cuerpo y el brazo no armado, proyectado hacia atrás en el instante del desequilibrio, se sitúan en un mismo plano oblicuo en el momento en el que el pie de delante deja el suelo por la planta. El pie de atrás se coloca delante y por la planta, contacta con el suelo, seguido inmediatamente del pie delantero para recuperar el equilibrio. En la Figura 1.3 puede apreciarse el final de una flecha en el tirador de la derecha.

Figura 1.3: Flecha de esgrima

1.2.2.- La competición

La competición de esgrima no tiene una duración determinada, ya que se desarrolla en varias fases y cada tirador va quedando eliminado en una de estas fases. En la primera fase, denominada vuelta de poules, los tiradores se ordenan en grupos, de seis o siete, en función de la clasificación previa a la competición. En esta vuelta los tiradores de cada poule tiran entre si todos contra todos. Los asaltos que se disputan en esta fase son a cinco tocados, en un tiempo máximo de tres minutos

reales de asalto. Terminada esta fase los tiradores se clasifican de acuerdo con unos índices y quedan eliminados entre el 20 y el 30% de los mismos. El resto de la competición se desarrolla por eliminación directa. Los tiradores que quedan en competición van desarrollando asaltos a un máximo de 15 tocados en nueve minutos reales, divididos en tres periodos de tres minutos cada uno de tiempo efectivo, con un descanso de un minuto entre periodo y periodo. En éstas vueltas el tirador que pierde queda eliminado.

La pista de esgrima es el espacio sobre el que se desarrollan los asaltos de esgrima. El esquema de dicha pista se aprecia en la Figura 1.4 y las características de la misma son:

Artículo 13 del reglamento técnico de la F.I.E. (2013):

1. El ancho de la pista es de 1,50 en 2 metros.
2. El largo de la pista es de 14 metros, de tal forma que cada tirador, estando situado a 2 metros de la línea del centro, tenga a su disposición, para romper sin traspasar el límite posterior con los dos pies, una longitud total de 5 metros.

Figura 1.4: Pista de esgrima.

Fuente: RFEE (2010)

Roi y Bianchedi (2008) aportan datos de distintos autores sobre la estructura de una competición de esgrima, tal y como se exponen en el párrafo. Un torneo de esgrima puede durar entre 9 y 11 horas. El tiempo efectivo de combate representa sólo el 18% del tiempo total de la competición (Iglesias, 1998), con un tiempo de lucha efectiva de entre 17 y 48 minutos. Durante un combate, el esgrimista cubre una distancia total de 250-1000m (Lavoie, Leger, Pitre y Marini, 1985). La duración de cada acción puede ser muy corta e intensa (<1 segundo), o puede durar >60 segundos (rendimiento submáximo). En promedio, una acción dura 15 segundos en espada, con una ratio de “acción:interrupción” de 1:1 en espada masculina, y 2:1 en espada femenina (Lavoie, Leger, Pitre, et al. 1985). La frecuencia cardíaca (FC) durante un combate de esgrima depende claramente de la intensidad. Primero fue registrado telemétricamente por Rittel y Waterloh en 1975. Se informó de que los hombres tienen

una FC más baja que las mujeres. Durante la competición de espada femenina, la FC varió entre 167 y 191 latidos/min. es decir, 70% de la FC máxima. La FC estaba por encima del umbral anaeróbico entre el $41 \pm 34\%$ del tiempo de la lucha (Li, So, Yuan, et al. 1999). En asaltos de competición, el promedio del consumo de oxígeno estimado se situó entre 39,6 ml/kg/min y 53,9 ml/kg/min para tiradores españoles mujeres y hombres, respectivamente (Iglesias, 1998).

Tabla 1.1: Características de tiempo-movimiento de una ED 64 en competición internacional, calculado para el ganador.

Tomado de Roi y Bianchedi (2008)

	Espada Femenina	Espada Masculina
Número de asaltos	6	6
Tiempo total competición (h)	9-11	9-11
Descanso entre combates (min)	15-300	15-300
Tiempo total asaltos (min)	47-81	48-98
Tiempo efectivo de competición (min)	28-48	22-39
Tiempo de interrupción efectiva (min)	19-33	26-59
Interrupciones (n)	126-150	96-180
Ataques (n)	66-138	96-180
Cambios de dirección (n)	210-582	102-294

1.3.- FACTORES DE RENDIMIENTO EN ESGRIMA

La esgrima es un deporte de adversario con blanco humano basado en la acción de tocar al adversario con un arma, es por tanto un deporte de lucha sin contacto directo. Es un deporte de combate, que se desarrolla a corta distancia, lo que implica que las acciones tienen una duración reducida.

El rendimiento en competición del deportista depende de una serie de variables que afectan directamente al resultado final, que se denominan factores de rendimiento. García Manso, Navarro y Ruiz (1996) consideran el entrenamiento deportivo como un objeto multifactorial, debido a que está constituido por diversos componentes que actúan en conjunto y conducen al rendimiento. Estos componentes del rendimiento deportivo son:

- Componentes coordinativos: los aspectos técnicos son importantes en esgrima, dada la corta distancia a la que se desarrollan las acciones. Los errores técnicos en las acciones ofensivas, pueden provocar, en muchas ocasiones, especialmente en espada, acciones contraofensivas que desembocan en un tocado en contra.
- Componentes tácticos: la esgrima es un deporte eminentemente táctico. El resultado en esgrima, no depende de lo bien que lo haga cada uno,

sino de la relación que se establece con el contrario. Esta relación con el contrario, el análisis de sus vulnerabilidades, y como aprovecharse de ellas, los puntos fuertes del contrario y como neutralizarlos están presentes desde antes del comienzo del asalto y condicionan el resultado del mismo.

- Componentes externos: como en todo deporte hay árbitros, público y condiciones ambientales que condicionan a los tiradores y que deben ser tenidos en cuenta para aprovecharse o evitar ser perjudicados por los mismos.
- Componentes condicionales: los aspectos psicológicos tienen una importancia grande. Mantener la concentración durante una competición, en la que un tirador ha podido estar dos horas esperando entre una fase y otra sin tener seguridad del momento en que va a ser llamado a pista es un hándicap importante.
- Componentes constitucionales: los aspectos físicos, especialmente los relacionados con la velocidad son determinantes en el resultado.

Por su parte Barth y Beck (2006) describen los factores de rendimiento en esgrima agrupándolos en factores externos y factores internos, según el esquema de la Figura 1.5.

Dentro de los factores internos, propios del deportista diferencian:

- Cualidades físicas (niveles de fuerza, velocidad y resistencia) y condiciones físico-orgánicas (sistema músculo-esquelético, sistema cardiovascular, órganos sensoriales, etc.).
- Habilidades Coordinativa-técnicas (coordinación muscular, percepción de movimiento, visualización de movimiento, la capacidad de controlar los movimientos) y desarrollo técnico deportivo.
- Habilidades estratégicas, tácticas, habilidades de acción y regulación y procesos (sensación, percepción, visualizar, pensar), desarrolladas o adquiridas, respectivamente, estratégico-táctica, así como la capacidad de actuar.
- Alrededor de este núcleo las habilidades psicológicas. Los factores psicológicos influyen en las otras tres áreas.

Los factores externos influyen en la capacidad específica del rendimiento del tirador:

- Factores psicosociales (familia, colegio, universidad, trabajo, amigos, etc.)
- Factores sociales (medio ambiente, clase social, asignación de recursos, los conocimientos científicos deportivos, etc.)
- Factores de material técnico (material de la competición, armas, ropa, equipamiento deportivo para la competición y el entrenamiento)

- Factores de la competición (modo y ubicación de la competición, arbitrajes,...)

Figura 1.5: Esquema de modelo de estructura de rendimiento en esgrima.

(Fuente: Barthartheckartheck)

Barth y Beck (2006) afirman que para muchos entrenadores de esgrima, el tirador ideal es el que es rápido como un velocista, técnico como un virtuoso del violín y tan reflexivo como un jugador de ajedrez. Aunque tal y como se desprende del análisis de los factores de rendimiento, la esgrima es un deporte de gran complejidad técnica y táctica, lo que supone que sean muchos los factores implicados en el rendimiento. Sin embargo son muchos los maestros e investigadores que defienden la importancia de la velocidad en el resultado final de los asaltos. Por su parte, Kutnetsov (1984) considera la esgrima integrada dentro del grupo de deportes que se caracterizan por la manifestación compleja de las cualidades motrices.

Entre los maestros, la velocidad es considerada uno de los factores más importantes en la esgrima. Así encontramos que Pini, famoso maestro italiano, tomado de Szabó (1977), afirmaba que la esgrima es velocidad. Por su parte Cléry (1965), maestro francés, considera a la esgrima como uno de los deportes de más alto grado de velocidad y afirma que requiere contracciones musculares rápidas, además afirma que en esgrima la velocidad debe primar sobre la seguridad. Por su parte Szabo, (1977), maestro húngaro, asocia la esgrima a la velocidad y la precisión. También para Bossini (1946), maestro italiano, entre los elementos esenciales en la esgrima, destaca la velocidad de ejecución.

Los estudios encontrados en los que se refieren a los factores de rendimiento en esgrima dan una gran importancia además de a la velocidad, a todos aquellos factores

favorecedores de la realización rápida de la respuesta. Conjuntamente con la velocidad los autores añaden la fuerza, especialmente de miembros inferiores, ya que colabora en reducir el tiempo de movimiento de las acciones ofensivas con fondo y flecha, los aspectos coordinativos y el procesamiento de la información. Así, Waterloh, Rittel, Neisel y Leide (1975) consideran como factores limitantes del rendimiento en esgrima la velocidad de reacción y de acción, la rapidez motriz y la fuerza explosiva. Además dan relevancia a los factores psiconerviosos y neuromusculares frente a los de resistencia. Por su parte Pierson (1956), tomado de Merino (2013), suponía que el tiempo de reacción en lugar del tiempo de movimiento sería un factor discriminante para los tiradores.

Marini (1984) considera la velocidad, la fuerza explosiva y la potencia de las extremidades inferiores como cualidades más importantes y por tanto el entrenamiento debe enfocarse a los aspectos anaeróbicos alácticos y al sistema neuromuscular. Para Donskoi y Zatsiorski (1988), tomado de Merino (2013), un tirador puede superar a otro no por su técnica, sino por su capacidad de salto y su velocidad.

Harmenberg, Ceci, Barvestad, Hjerpe y Nyström (1991), indican que la esgrima requiere movimientos veloces y precisos y realizan el estudio del tiempo de reacción y de movimiento ya que los consideran como factores involucrados en la excelencia en la esgrima y para Leseur (1989), dada la distancia a la que se desarrollan los asaltos en esgrima, la rapidez de la decisión, la velocidad y la precisión son los factores más importantes en los tiradores y afirma que la relación velocidad-precisión es un factor de rendimiento en esgrima. Por su parte Verkhoshansky (1996), señala al tiempo de reacción, como uno de los factores de rendimiento en la esgrima. También Borysiuk (2006), considera la velocidad de reacción entre las capacidades que desempeñan un papel dominante en la esgrima. En la misma línea, Noa (2007), considera el tiempo de reacción con uno de los criterios de selección importantes en la esgrima.

Barth y Beck (2006) afirman que la velocidad es la capacidad física más significativa relacionada con la esgrima. Igualmente Mouelhi, Bouzaouach, Tenenbaum, Ben Kheder, Feki y Bouaziz (2006), subrayan la importancia de la rapidez en la esgrima. Otros autores añaden otros factores que colaboran a reducir el tiempo total de respuesta. Así encontramos que Iglesias (1997), considera como factores favorecedores del rendimiento, la velocidad y la potencia de las extremidades inferiores. También Tsolakis y Tsiganos (2008) afirman que los patrones motores en esgrima exigen una gran fuerza muscular, velocidad y coordinación neuromuscular. Y en este sentido, Bressan (1990), relacionó el rendimiento con los niveles de fuerza explosiva de las extremidades inferiores.

Para Borysiuk y Waskiewicz (2008), la presión del tiempo durante la competición hace necesario reducir, tanto como sea posible, el tiempo de la toma de decisiones y el tiempo de las respuestas sensorio-motoras de la fase motora. Y por ello, afirma que el entrenamiento de esgrima, reduce el tiempo de procesamiento de la información en respuesta a la estimulación visual.

En su tesis doctoral López (2008) afirma que en el fondo se debe combinar la mayor velocidad posible con que no sea percibido por el contrario. Si uno de los dos aspectos es defectuoso no se conseguirá el tocado. Así, dado que el fondo es una de las acciones más determinantes en esgrima, podemos concluir que se puede considerar a la velocidad, como factor fundamental en el éxito en la esgrima.

Distintos autores han tratado no solo los factores de rendimiento en la esgrima, sino también como seleccionar talentos en los deportes de combate. Estos indicadores para seleccionar talentos en los deportes indican cuáles son las condiciones necesarias en dichos deportes y por tanto los factores de rendimiento.

Borysiuk y Nawarecki (2008) consideran entre los factores de predicción del rendimiento en esgrima la velocidad. Además, afirman la importancia del tiempo de reacción simple ante estímulos visuales. En la misma línea, Çolakoğlu, Akgün, Yalaz, y Ertat, (1987), tomado de Torun, Ince y Durgun (2012), afirman que el tiempo de reacción, que es uno de los factores de la velocidad, se ha convertido en un elemento principal para conseguir el logro en esgrima.

Noa (2007), incluye entre los criterios generales para la selección de talentos en deportes de combate dentro de las características físicas, la velocidad de reacción, la fuerza en todas sus manifestaciones y la velocidad gestual. También encontramos que Bouchard, Brunell y Godbout (1973), tomado de Noa (2007), consideran el tiempo de reacción y la rapidez de movimientos segmentarios como destrezas motoras necesarias en la detección de talentos para los deportes de combate, entre los que se encuentra la esgrima. En la misma línea, Volkov y Filin (1989), tomado de Noa (2007), consideran que en el caso de los deportes de combate, a la hora de detectar talentos, tiene un valor fundamental la velocidad y la fuerza.

1.3.1.- El Tiempo de Reacción (TR)

Roca (1983) afirma que el astrónomo Maskelyne se dio cuenta de que sus juicios y los de su ayudante, en cuanto al paso de los objetos, no coincidían por lo que despidió a este al pensar que era un error voluntario. Esto provocó que comenzara a estudiar las diferencias individuales en la percepción de la velocidad del paso de objetos.

Después del inicio de las investigaciones en el campo de la fisiología y la astronomía, estos estudios pasan a la psicología. El fisiólogo holandés Donders estudió en profundidad el "*tiempo fisiológico*" y posteriormente pasó a intentar medir el tiempo de los procesos mentales (tomado de Martínez de Quel, 2003). El término *tiempo de reacción* fue acuñado en 1873 por el fisiólogo austriaco Exner (Woodworth y Scholoshberg (1954), en Martínez de Quel, 2003). Actualmente la psicología cognitiva ha renovado el interés sobre el tiempo de reacción como medidor de los procesos mentales.

Por el contrario, en las ciencias de la actividad física y del deporte el interés se centra fundamentalmente en saber quién tiene un mejor tiempo de reacción, es decir, encontrar diferencias individuales entre los deportistas.

Roca (1993) afirma que en relación al tiempo de reacción en el ámbito del comportamiento motor, se ha evolucionado desde situaciones de laboratorio hasta situaciones más complejas de interacción. En las cuales existen fenómenos de anticipación, aumentando el interés por el estudio de las tareas de interceptación. Lo cual implica un reconocimiento de las limitaciones explicativas que ofrecen las situaciones de tiempo de reacción.

Son muchos los términos utilizados en la literatura científica y en el entrenamiento. En muchos casos son términos confusos ya que, o son mezcla de varios conceptos o están mal empleados. Entre estos términos encontramos: Tiempo de reacción, velocidad de reacción, tiempo premotor, latencia de respuesta, respuesta de reacción o rapidez. Por tanto, lo primero es analizar y definir el término, recurriendo a los autores más importantes, para eliminar errores conceptuales.

Como podemos observar en la Tabla 1.1, son numerosos los autores que han definido tiempo de reacción y, como veremos a continuación, hay bastante unanimidad en sus definiciones. Por el contrario, donde no hay tanta unanimidad es en llamar tiempo de reacción a este concepto, ya que otros autores lo llaman velocidad de reacción, tiempo de latencia o de otras maneras.

Tabla 1.2: Otros términos utilizados para nombrar al Tiempo de Reacción y autores que los usan.

Adaptado de Martínez de Quel (2003)

Woodworth y Scholosberg (1954)	"El 'Tiempo de Reacción' no es, exactamente, lo que podría suponerse por su nombre; no es el tiempo ocupado por la ejecución de una respuesta, sino el tiempo requerido para que se inicie la respuesta externa. El Tiempo de Reacción corresponde al intervalo estímulo-respuesta." "...llamado también 'Latencia de la Respuesta'".
Henry y Rogers (1960)	"el periodo latente entre el estímulo y el primer comienzo del movimiento físico"
Clarke y Glines (1962)	"tiempo transcurrido entre la aparición del estímulo y el momento en que el sujeto puede iniciar un movimiento perceptible"
Karpovitch, en Drouin y Larivière (1974)	"es el tiempo que transcurre entre el momento de aplicación o de presentación de un estímulo y el comienzo de una respuesta".
Singer, en Drouin y Larivière (1974)	"el tiempo que transcurre a partir de la presentación de un estímulo hasta el inicio de una respuesta".
Oxendine, en Drouin y Larivière (1974)	"periodo de tiempo que se extiende desde la presentación del estímulo y el inicio de la respuesta".
Drouin y Larivière (1974)	"el tiempo de reacción identifica el tiempo que transcurre desde la presentación del estímulo hasta el inicio del movimiento".
Bernia (1981)	"El 'Tiempo de Reacción' es el tiempo que transcurre entre la estimulación de un órgano sensorial y el inicio de una respuesta o reacción manifiesta; se llama también 'Latencia de Respuesta.'"
Roca (1983)	"el que transcurre desde el inicio de un estímulo elicitor y el inicio de la respuesta del sujeto".
Tudela (1989)	"'Tiempo de Reacción' (TR) como la cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente".
Harmenberg et al. (1991)	"Tiempo de Reacción (RT) al que transcurre entre la presentación del estímulo y el comienzo del movimiento".
Williams y Walmsley (2000a-b)	"Tiempo de Reacción (RT) al que transcurre entre la presentación del estímulo y el comienzo del movimiento".
Álvarez (2010)	"el tiempo de reacción es la capacidad de respuesta en el menor tiempo posible ante un estímulo.
Borysiuk y Waskiewicz (2008b)	la fase de latencia de la respuesta seso-motora sin el componente de tiempo de movimiento.
Gutiérrez-Dávila et al. (2013)	tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo y el inicio del movimiento determinado por el momento en que la fuerza neta horizontal alcanza un valor igual o superior al 1% del peso corporal del sujeto.

Como podemos ver, hay bastante uniformidad en las definiciones. Casi todas incluyen como *características* del tiempo de reacción que: es un periodo de tiempo, comienza en el inicio del estímulo y termina en el inicio de la respuesta correspondiente al estímulo.

No obstante, pero en la misma línea, Devienne, Audiffren, Ripoll y Stein (2000) llaman tiempo premotor a lo que antes hemos visto como tiempo de reacción y denominan tiempo de reacción a lo que nosotros denominaremos tiempo de respuesta. En el ámbito deportivo está muy extendido el término *velocidad de reacción*. Este término se ha utilizado en muchas ocasiones como sinónimo de tiempo

de reacción. Aunque en general su significado es ligeramente diferente. A veces, la velocidad de reacción no se mide bien, partiendo de la definición de tiempo de reacción vista anteriormente. Así, en ocasiones, al medir la *velocidad de reacción* se incluye el tiempo de reacción más un tiempo de movimiento, en general muy corto.

En la misma línea, García Manso, Navarro, Ruiz y Martín (1998) hablan de tiempo de reacción, dando otros sinónimos: velocidad de reacción, tiempo de reacción motora y tiempo de latencia. Rangel, González y Sebrango (2003) hablan de velocidad de reacción como una capacidad física, similar a la resistencia, y la miden con desplazamiento de diez metros en patines. En esta medida se incluye la velocidad de desplazamiento, aceleración, y otras variables ajenas al tiempo de reacción.

El tiempo de reacción ha formado parte de las baterías de test para la selección de talentos, hasta el punto de que Fleishman (1967), tomado de Roca (1997), lo considera una cualidad física básica.

Roca (1997) expone que el tiempo de reacción es mayor en las mujeres que en los hombres. Aunque mujeres lentas sometidas al mismo entrenamiento que los hombres redujeron su tiempo de reacción llegando a obtener valores por debajo de los varones. También puede explicarse el peor tiempo de reacción en las mujeres como una cuestión funcional psicológica o por cuestiones motivacionales y no como una cuestión puramente sexual. Estudios más actuales como los de Pérez Tejero, Soto-Rey, Rojo González, (2010) no han encontrado diferencias significativas en el tiempo de reacción entre hombres y mujeres para estímulos auditivos, aunque sí para los visuales. Tampoco se han encontrado correlaciones entre el Tiempo de Reacción y el Tiempo de Movimiento ambos factores que afectan al Tiempo de Respuesta (Roca, 1997). Tal vez, cuando se realiza una acción de Tiempo de Respuesta, la atención centrada en la reacción o en el movimiento afecta a los resultados en dichas fases (Henry, 1960 tomado de Roca, 1997).

Desde la presentación del estímulo hasta la realización de la respuesta se producen una serie de procesos que muchos autores han fragmentado en componentes. La parte premotora y la parte motora de la reacción (Botwinick y Thompson, 1966 tomado de Roca, 1997). La parte premotora abarcaría desde el inicio de la aparición del estímulo hasta la aparición del estímulo eléctrico de los músculos implicados en la respuesta. La parte motora abarcaría desde el inicio de la estimulación eléctrica de los músculos hasta la realización de la respuesta. Para llegar a establecer estas fases ha sido necesario el uso de aparatos y técnicas como el *electromiograma* (EMG) o el *electroencefalograma* (EEG) que han permitido diferenciar algunas de las principales fases que tienen lugar durante la respuesta a un estímulo. Según Wood (1977), tomado de Martínez de Quel (2003), estos instrumentos fueron ya utilizados por Monnier en 1949 y por Bates en 1951, identificando fases de codificación retiniana, transmisión cortical y salida espinal. Según Roca (1997), sin la utilización del electromiograma es inevitable una parte de movimiento en las medidas del tiempo de reacción.

Así, Marzilli y Hutcherson (2002), expresan que “con el registro de la actividad electromiográfica (EMG) es posible inferir dos componentes del tiempo de reacción global: tiempo premotor (componente cognitivo) y tiempo motor (componente motor). Tiempo premotor es la latencia entre la identificación del impulso y el inicio de la activación del músculo, y el tiempo motor es medido desde la activación inicial del músculo hasta la respuesta visible. El tiempo premotor representa los procesos que intervienen en la identificación del estímulo, selección de la respuesta apropiada y la siguiente programación de la respuesta motriz; mientras que el tiempo motor representa el tiempo requerido para activar los mecanismos que intervienen en la contracción de los músculos periféricos”.

Podemos clasificar el tiempo de reacción en función del número de estímulos y respuestas posibles. Así, podemos hablar de tiempo de reacción simple (Woodworth y Scholberg, 1954 y Tudela, 1989, tomados de Martínez de Quel, 2003), en el que el sujeto conoce de antemano el estímulo que provoca la reacción y la reacción que tiene que realizar. Por otro lado, existe la posibilidad de varios estímulos que cada uno provoca una respuesta diferente, estaríamos ante Tiempo de Reacción Compleja (TRC) que a su vez puede ser Tiempo de Reacción Electiva (TRE) o Selectiva. El tiempo de reacción electiva sería cuando cada estímulo provoca una respuesta, Roca (1997). Por el contrario, el tiempo de reacción selectiva sería aquel en el solo se responde ante uno de los estímulos posibles (Tudela, 1989, tomado de Martínez de Quel, 2003),.

1.3.1.1.- Medida del tiempo de reacción

El Tiempo de reacción depende de varios factores que se pueden agrupar en tres grandes bloques (Pérez Tejero, Soto Rey y Rojo-González, 2011):

- Los factores dependientes del sujeto, como pueden ser el estado físico, el calentamiento, la fatiga, la motivación, el miembro corporal con el que se realiza la respuesta, la edad, el género, sustancias administradas estimulantes o tranquilizantes, tipo de deporte practicado, nivel deportivo
- Los factores relacionados con el estímulo, como las características físicas del estímulo, la posición inicial, el medio de transmisión, la intensidad del estímulo, el ante periodo, la complejidad del movimiento o la influencia del color
- Los factores neurológicos como son, el órgano receptor, la longitud de la vía sensorial, el tipo de axones o el número de sinapsis

Para Pain y Hibbs (2007) los factores de los que depende el Tiempo de Reacción son, la llegada del estímulo al órgano sensorial, la conversión por el órgano sensorial a una señal neural, las transmisiones neuronales, el procesamiento de las señales, la activación muscular y la selección de un parámetro de medición externa. Cada uno de estos factores contribuyen al tiempo de reacción medido.

Los trabajos sobre tiempo de reacción han tratado de definir y manipular distintos aspectos de los vistos anteriormente. Los factores sobre los que puede intervenir el investigador, en estos momentos, son los relacionados con los dos primeros bloques. Por ello, vamos a realizar un recorrido por distintos factores sobre los que los autores han intervenido, analizando distintos aspectos y soluciones.

1.3.1.1.1.- Factores dependientes del sujeto

La fatiga y la motivación están entre los factores dependientes del sujeto. En relación directa con los mismos está el número de ensayos. Este es por tanto uno de los aspectos que los autores han definido en sus trabajos. A su vez el número de ensayos realizados depende de varios factores como son los objetivos del estudio, la cantidad de movimiento y los medios materiales para efectuar las mediciones.

Cuando el tiempo de reacción se ha medido realizando sólo una forma de medición, el número de ensayos ha variado de los 3 ensayos, empleados por Clarke y Glines (1962, tomado de Martínez de Quel, 2003), a los 500 ensayos utilizados por Westerlund y Tuttle (1931, tomado de Martínez de Quel, 2003).

Cuando en los estudios se han utilizado varias formas de medición el número de ensayos ha variado grandemente. Entre otras encontramos: Davranche, Hall y McMorris (2009) realizan 512 ensayos previos que descartan y los ensayos que utilizan los realizan en dos sesiones, una cada día, con un total cada una de 512 ensayos, divididos en 8 bloques de 64 ensayos cada uno; Koslow (1985, tomado de Martínez de Quel, 2003), 15 veces/día/pelota/cada lado, en total 450 ensayos, 5 bloques de 30 cada día; Leseur (1989) 5 condiciones: 4 bloques de 20 y uno de 40 ensayos; Harmenberg et al. (1991) Test 1: 35; Test 2: 40; Test 3: 60 ó 65; Brunet, Keller y Moreaux, (1995) 5 condiciones con 4 fases en cada una (20 TRS + 20 TRE + 40 finta + 40 finta electiva); Williams y Walmsley (2000a) 70 ensayos con 6 condiciones diferentes entremezcladas; Williams y Walmsley (2000b) 108 intentos, en tres distancias y con 3 condiciones diferentes para cada distancia; Pain y Hibbs (2007) hasta 50 salidas de atletismo con 4 condiciones distintas y Barcelos, Morales, Maciel, Azevedo y Silva (2009) realizan la media de 50 ensayos para tiempo de reacción simple y otros 50 para tiempo de reacción discriminativa.

En el número de ensayos se debe tener en cuenta la fatiga al final del test, así como el tiempo necesario para cada toma y la duración de los ensayos en relación al objetivo planteado en el estudio.

La mayoría de los autores han llevado a cabo todos los ensayos en una única sesión. Salvo que las condiciones experimentales aconsejaran lo contrario. Así Tweit et al. (1962), Leseur (1989) y Roosen, Compton y Szabo (1999), en Martínez de Quel (2003) realizaron un pretest, una intervención y un post test. Harmenberg et al. (1991) y Brunet et al. (1995) realizaron las mediciones en varios días ya que eran varios los tipos de mediciones, con diferentes condiciones experimentales y trataron de evitar así el efecto fatiga.

1.3.1.1.2.- Factores relacionados con el estímulo

En los distintos estudios sobre tiempo de reacción, el estímulo ha ido variando en cuanto a intensidad, cantidad o forma. Se han utilizado estímulos auditivos y visuales aunque ha sido este último tipo de estímulos el más utilizado en los estudios deportivos, pues los estímulos visuales son los predominantes en la generalidad de los deportes. En la mayoría de los casos el estímulo utilizado ha sido una luz como Harmenberg et al. (1991), Williams y Walmsley (2000a-b), Brunet et al. (1995), Devienne et al. (2000).

En otros casos, se han utilizado imágenes grabadas y proyectadas en una pantalla como Mori, Ohtani y Imanaka (2002) y Martínez de Quel, López, Sillero y Saucedo (2011).

Por último, existen acciones reales como la acción de un maestro en los test 2 y 3 de Harmenberg et al. (1991) o un jugador de voleibol en Damas, Moreno, Reina y Del Campo (2004).

La relación de la intensidad del estímulo con el tiempo de reacción está en que a mayor intensidad del estímulo, menor tiempo de reacción (Roca, 1997). La posición entre el estímulo y el órgano sensorial estimulado es una variable relevante en el tiempo de reacción. A mayor perpendicularidad menor tiempo de reacción (Roca, 1997). El tiempo de reacción es menor a medida que el contraste entre el estímulo y el ambiente externo es mayor (Roca, 1997).

Brunet et al. (1995) afirman, en relación a los estímulos utilizados en los estudios del tiempo de reacción en diferentes deportes como la esgrima por Jadlovskij (1980) o en baloncesto por Legros, Delignieres, Durand y Brisswalter (1992), que siendo interesantes sus trabajos, constata que en ellos no se tiene en cuenta la lógica interna de la actividad y que los autores utilizan un aparato de medida del tiempo de reacción sin relación directa con la actividad deportiva.

Los estudios actuales de tiempo de reacción tratan de colocar al sujeto en una situación lo más ecológica posible y que tanto el estímulo como la respuesta sean lo más parecidas posibles a lo que posteriormente realiza en el campo de juego. Si en la acción que se estudia el estímulo no tienen relación con lo que sucede en el campo de juego es difícil sacar conclusiones de que lo que estamos estudiando tenga algún paralelismo con el rendimiento deportivo.

Otro de los factores relacionados con el estímulo es la complejidad del movimiento de respuesta. En este aspecto, las respuestas utilizadas por los distintos autores han sido variadas. Además, tenemos que tener en cuenta que de acuerdo a la definición de tiempo de reacción este debe medirse justo hasta el inicio del movimiento. Si el movimiento que da lugar a la finalización de la respuesta es muy amplio los datos estarán contaminados con tiempo de movimiento y estaremos no ante tiempo de reacción sino ante tiempo de respuesta, que incluye tiempo de reacción y tiempo de movimiento. Esto no se ha diferenciado en todos los estudios.

Las respuestas que se han utilizado por los distintos autores se pueden clasificar en tres grupos:

- Apretar o soltar un botón: Crowe y O'Connor (2001), Martínez de Quel (2003), Merino (2013)
- Respuestas no específicas del deporte como Tweit et al (1962) tomado de Martínez de Quel (2003) que realizaba un paso adelante.
- Gestos deportivos: Harmenberg et al. (1991), Williams y Walmsley (2000a-b), Brunet et al. (1995), Devienne et al. (2000), en todos los casos realizaban diferentes ataques de esgrima o Mori et al. (2002) que realizaban ataques de kárate y Pain y Hibbs (2007) que realizan salidas de velocidad de atletismo.

Cuando la tarea utilizada para la medición del tiempo de reacción era nueva para los sujetos experimentales, esta requería un número de ensayos de aprendizaje. En algunos casos los autores han marcado el número de ensayos previos como Mickevičienė, Motiejūnaitė, Skurvydas, Darbutas y Karanauskienė (2008) o Herbort y Butz (2009).

En los casos en los que las tareas son conocidas, caso de tocados de esgrima con armas, Brunet et al. (1995) no mencionan que se realizaran ensayos previos o Williams y Walmsley (2000a-b) que realizaron una tarea similar con ensayos previos y no encontraron diferencias significativas entre los ensayos previos y los que utilizaron para extraer los datos.

Hay que tener en cuenta que la práctica provoca mejoras en el tiempo de reacción. Roca (1997) aporta datos de mejora ante estímulo visual y reducciones significativas con la práctica ante estímulo visual. Esto corrobora la Ley fundamental de la psicología que dice que con el entrenamiento mejora el rendimiento (Hull, 1943/1986, tomado de Roca, 1997).

Aunque los aparatos utilizados en la medición de los tiempos de reacción no son propiamente factores que influyen en el mismo, si parece oportuno realizar un pequeño análisis de los mismos. Los aparatos se pueden agrupar en dos grandes bloques. Por un lado, están los aparatos diseñados por el autor específicamente para el estudio en cuestión y por otro, tenemos los que han utilizado un aparato que ya ha sido utilizado en otros experimentos.

La ventaja de los instrumentos fabricados expresamente para un experimento es que se ajustan específicamente a los objetivos del estudio. Sin embargo, está el inconveniente de que no es posible comparar los datos con ningún otro estudio. Por el contrario, cuando se emplea un instrumento ya utilizado por otros tiene el inconveniente de que hay que adaptar el experimento a lo que permite el aparato, pero tienen la ventaja de que los datos se pueden comparar con los de otros estudios.

En estos momentos los experimentos de tiempo de reacción están utilizando el ordenador mayoritariamente ya que plantea una gran cantidad de ventajas: la pantalla

puede ser utilizada para presentar el estímulo; los datos son registrados automáticamente, con lo que se eliminan errores de transcripción y además se le pueden acoplar periféricos tanto para iniciar como para finalizar la acción. También se están utilizando aparatos para medir no solo los tiempos de reacción sino también las capacidades perceptivas asociados a los mismos, los tiempos de reacción y las capacidades anticipatorias.

1.3.2.- El Tiempo de Movimiento (TM)

Otro concepto fundamental en nuestro estudio es el tiempo de movimiento que es un concepto asociado al tiempo de reacción.

Como observamos en la Tabla 1.3 existe bastante homogeneidad en las definiciones de tiempo de movimiento en las que todas incluyen las siguientes características: es un periodo de tiempo, comienza en el inicio de la respuesta y termina al final de esta respuesta.

Tabla 1.3: Términos utilizados para nombrar al Tiempo de Movimiento y autores que los usan.

Clarke y Glines (1962), tomado de Martínez de Quel (2003)	El Tiempo de Movimiento se obtiene sustrayendo el tiempo de reacción del tiempo de realización (" <i>completion time</i> ").
Roca (1983)	Tiempo transcurrido entre el inicio de la respuesta motora y el final del desplazamiento solicitado
Harmenberg (1991)	Tiempo de Movimiento al tiempo que transcurre desde el final del tiempo de reacción a la finalización de la tarea".
Williams & Walmsley (2000a-b)	Tiempo de Movimiento el tiempo transcurrido desde el final del tiempo de reacción a la finalización de la tarea.

De la misma forma que sucede con el tiempo de reacción también en este caso hay autores que utilizan otros términos para el mismo concepto, tal y como podemos apreciar en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4: Otros términos utilizados para nombrar al Tiempo de Movimiento y autores que los usan

Devienne et al. (2000)	Tiempo motor es el que transcurre desde el final del tiempo de premotor (RT) a la finalización de la tarea.
Borysiuk (2008)	El tiempo motor es el intervalo entre la actividad muscular registrada y el movimiento completado.
Gutiérrez-Dávila, Rojas, Antonio y Navarro (2013)	Definen el tiempo motor como el transcurrido desde que la fuerza neta de la componente horizontal alcanza un valor igual o mayor que el 1% del peso corporal del sujeto (lo mide con una plataforma de fuerza), hasta la finalización respuesta.

Es importante destacar que no se han encontrado correlaciones entre el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento y que ni el tiempo de reacción afecta al tiempo de movimiento, ni a la inversa (Roca, 1987). Pierson (1956, tomado de Martínez de Quel, 2003) demostró que, en los deportes de combate, el tiempo de movimiento es independiente del tiempo de reacción. Esto puede ser debido a que los factores que afectan a las fases premotora y motora son diferentes (Roca, 1997).

1.3.3.- El Tiempo de Total de Respuesta (TTR)

Aunque el concepto que designa al tiempo de respuesta es muy utilizado y está bien definido en la actualidad, no está tan claro el término a utilizar para denominarlo. Existe unanimidad en la definición (Tabla 1.5.) pero no todos los autores lo llaman de la misma manera.

Tabla 1.5: Términos utilizados para nombrar al Tiempo Total de Respuesta y autores que los usan

Keller (1942) tomado de Martínez de Quel (2003)	La denomina " <i>Rapidez de los movimientos corporales</i> " (" <i>Quickness of Bodily Movement</i> ") y la define como la habilidad del cuerpo para vencer la inercia.
Clarke y Glines (1962), tomado de Martínez de Quel (2003)	Lo denominan tiempo de realización ("completion time") , afirmando que "incluye el tiempo de reacción así como el tiempo requerido para completar el movimiento".
Drouin y Larivière (1974)	El tiempo total está compuesto por la adición del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento.
Roca (1983)	Utiliza el término respuesta de reacción , a la suma del tiempo de reacción y del tiempo de movimiento.
Moreaux, Christov y Marin (1987)	Utilizan tiempo de respuesta ("Temps de réponse") que corresponde a la suma de tiempo de reacción y tiempo de movimiento.
Leseur (1989)	Lo llama tiempo de respuesta ("Temps de réponse") : "El tiempo de respuesta (TResp.) es igual al tiempo de reacción más el tiempo de movimiento".
Nougier, Stein y Azemar (1990)	Llaman tiempo de respuesta ("Response Time") a la suma del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento.
Harmenberg et al. (1991)	Definen el tiempo de respuesta como "el tiempo que transcurre entre la presentación del estímulo y la finalización de la tarea, se corresponde a la suma del tiempo de reacción más el tiempo de respuesta".
Brunet et al. (1995)	Lo definen como el tiempo desde que se presenta el estímulo hasta que finaliza la acción, y habla de tiempo de respuesta simple y compleja .
Willians y Walmsley (2000a-b)	Tiempo total de respuesta.
Devienne et al. (2000)	Tiempo de respuesta.

El tiempo total de respuesta es la suma del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento o, en otras palabras, que es el periodo de tiempo entre la aparición del estímulo y la realización total de la respuesta. Serían sinónimos suyos: tiempo de realización, respuesta de reacción, tiempo total, rapidez de los movimientos corporales y tiempo de respuesta.

1.3.4.- Tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta en esgrima

Agrupamos los estudios de tiempo de reacción, tiempo de movimiento y tiempo total de respuesta en esgrima en un único apartado ya que la mayoría de los estudios tratan sobre estos tres aspectos, son pocos los estudios en los que sólo se trata uno de estos tiempos.

Pierson (1956), realizó un estudio con una muestra de 50 participantes, de los cuales 25 eran tiradores y 25 no tiradores. Realizó una comparación en ocho medidas psicomotoras y seis medidas antropométrica y sólo encontró diferencias discriminatorias en la velocidad de movimiento del brazo, no encontrando tampoco relación entre velocidad de movimiento del brazo y tiempo de reacción.

Klinger y Adrian (1983, tomado de Merino, 2013), observaron cómo los tiradores de más nivel mostraron unos resultados mejores en las respuestas ante estímulos visuales que ante estímulos auditivos.

Leseur (1989), estudió el efecto del entrenamiento, durante seis semanas, sobre el tiempo de respuesta y encontró un efecto positivo del entrenamiento sobre las variables de tiempo de respuesta.

Nougier et al. (1990), compararon los tiempos de respuesta entre tiradores expertos y no expertos. Encontraron diferencias significativas a favor de los expertos en el tiempo de respuesta. Las diferencias se debían mayoritariamente al tiempo motor y no tanto al tiempo de reacción. Aunque los tiempos de reacción eran menores en el grupo de expertos no encontraron diferencias significativas.

Harmenberg et al. (1991), realizaron un estudio similar con estímulo visual y respuesta con fondo y con fecha desde parado y en movimiento. No encontraron diferencias significativas a pie firme y sí que las encontraron cuando debían realizar un fondo después de romper.

Brunet et al. (1995), estudiaron el efecto del esfuerzo sobre el tiempo de respuesta simple y electivo en tiradores que obtienen mejoras tanto en el tiempo de respuesta simple como electivo tras un esfuerzo submáximo.

Devienne et al. (2000), también estudiaron el efecto de esfuerzo sobre los tiempos de reacción y movimiento. En este caso, no encontraron efectos positivos del esfuerzo sobre los tiempos, obteniendo resultados dispares y concluyendo que,

aparentemente, la intensidad del esfuerzo es insuficiente para provocar una respuesta del sistema neuromuscular.

Williams y Walmsley (2000b), reportan mejores tiempos de respuesta con fondo ante un estímulo visual en tiradores expertos. Encontraron mejor tiempo de reacción en los tiradores expertos, pero no encontraron diferencias significativas en el tiempo de movimiento.

Yiou y Do (2000), registraron los tiempo de respuesta en tres pruebas diferentes: tocado a pie firme, fondo sólo de piernas y tocado con fondo. En las dos primeras pruebas no encuentran diferencias significativas en los tiempos de movimiento, pero si las encuentran en el tocado con fondo.

Mouelhi et al. (2006) en su estudio realizaron una comparación entre tiradores y sedentarios sobre tiempo de reacción simple y electiva. Los resultados no obtuvieron diferencias entre los dos grupos cuando los sujetos estaban en reposo. Cuando se realizaron las pruebas en cicloergómetro con distintas intensidades de la potencia máxima, aparecieron las diferencias a favor de los tiradores frente a los sedentarios.

Tsolakis y Tsiganos (2008) estudiaron los tiempos de tocado con fondo y no encontraron diferencias significativas entre expertos y novatos.

Borysiuk (2008) comparó tiempo de reacción y tiempo de movimiento ante estímulos visuales, táctiles y sonoros entre tiradores de élite y novatos. Encontró diferencias tanto en los tiempos de reacción, como de movimiento a favor de los expertos. Siendo las diferencias más importantes en los tiempo de reacción entre uno y otro grupo. Las mayores diferencias las encontró ante estímulos visuales.

Duvan, Toros y Senel (2010) realizaron un estudio para comprobar el efecto de un esfuerzo de intensidad máxima sobre el tiempo de reacción visual. Observó que los tiempos aumentaban significativamente, tanto para hombres, como para mujeres.

Chan, Wong, Liu, Yu y Yan (2011), compararon un grupo de tiradores, que subdividieron a su vez en tiradores con mayor y menor nivel, con otro grupo de no tiradores en el que también realizó dos subgrupos, en función de mayor o menor nivel físico y concluyeron que la experiencia en la esgrima unido a un mejor nivel físico, tiene un resultado más eficaz.

Martínez de Quel et al. (2011) estudiaron la relación entre el tiempo de reacción y el tiempo de la toma de decisión con miembros del equipo nacional. Se comparó el tiempo de reacción simple obtenido con el programa Superlab con el tiempo de reacción electiva ante imágenes de gestos de maestro visualizadas en pantalla. Se mostraron diferencias significativas a favor de los espadistas frente a los floretistas y sablistas.

Johne, Poliszczuk, Poliszczuk y Dabrowska-Perzyna, (2013) realizan un estudio sobre el tiempo de reacción compleja y el tiempo de movimiento comparando entre miembro dominante y no dominante y entre tres grupos de tiradores de clase

mundial, nacional y regional. El test que realizan es un test no específico, realizado con ordenador en el que mide el tiempo de reacción como el tiempo entre la aparición del estímulo y el tiempo que tarda en liberar la tecla testigo y el tiempo de movimiento desde el momento anterior hasta que presiona la tecla elegida. Encuentran que los mejores resultados en tiempo de reacción compleja los obtienen los tiradores zurdos. Esto está en consonancia con los estudios de Grabowska (1994) tomado de John et al. (2013), que afirma que el mejor rendimiento de los tiradores zurdos puede ser el resultado de su menor tiempo de reacción. Igualmente Jefimova y Kurpijanow (1995) tomado de John et al. (2013), afirman que los deportistas zurdos son más rápidos que los diestros. Encuentra diferencias significativas en el tiempo de reacción compleja con el miembro dominante entre los tres grupos, igualmente encuentra diferencias significativas tanto en el tiempo de reacción compleja, como en el tiempo de movimiento entre miembro dominante y no dominante para el grupo de clase mundial, no para los otros dos. Por el contrario en el tiempo de movimiento solo encuentra diferencias significativas entre el grupo de clase nacional y regional.

1.3.4.1.- TR fatiga y esgrima

La relación entre la fatiga y los tiempos de reacción ha sido estudiado por Brunet et al. (1995). Ellos tratan de evaluar en un deporte de combate como la esgrima los efectos sobre el tratamiento de la información y sobre las manifestaciones realizadas por los esgrimidores en las tareas de tiempo de reacción simple y compleja. Evalúan si distintos niveles de intensidad del ejercicio físico tienen algún efecto sobre las tareas propuestas. Las medidas de los tiempos de reacción y la precisión de los sujetos las realizan con la ayuda de un aparato ideado por D. Revenu, concebido para medir los tiempos de respuesta de esgrima y realizado por Moreaux et al. (1987) en el laboratorio de metrología del INSEP. Realizan cinco condiciones experimentales. En la condición 1, los sujetos se colocan de cara al blanco en posición de guardia, a una distancia de estirar el brazo. Para la condición 2, la tarea se realiza sobre la bicicleta ergonómica y el sujeto pedalea sin resistencia. En la condición 3, la tarea se realiza al 50% de la P.M.A. Para la condición 4, el esfuerzo se realiza al 80% de la P.M.A. Al final, en la condición 5, el sujeto trabaja al 110% de la P.M.A. Estos autores, encontraron que mientras la carga submáxima mejora significativamente la duración de las respuestas de los sujetos, el ejercicio físico supramáximo deteriora el rendimiento de los tiradores. Además encuentran una disminución de los tiempos de respuesta en concordancia con la intensidad del ejercicio, justo hasta la ruptura provocada por la carga supramáxima.

Por su parte, Devienne et al. (2000) estudian la influencia de contracciones isométricas repetidas en el desempeño cognitivo. Para estudiar los diferentes efectos de la fatiga muscular local y del incremento de la excitación y la activación usaron la técnica del tiempo de reacción fraccionado (Botwinick y Thompson, 1966). La tarea la ejecutaron usando ARVIMEX (Nougier, et al., 1990) que permite analizar las reacciones visomotoras en esgrima. La fatiga del bíceps braquial se midió por la

frecuencia media obtenida por electromiografía (De Luca, 1984). El experimento se compuso de una serie de fondos y una sesión de ejercicios. Predijeron que el ejercicio físico inducía dos tipos diferentes de efectos en las tareas de velocidad de reacción. Por un lado, la fatiga muscular debería deteriorar el tiempo motor sin afectar al tiempo de reacción. Por otro lado, un incremento de la excitación y la activación inducido por el ejercicio físico podría decrecer el tiempo de reacción sin afectar al tiempo motor. Estos dos efectos podrían decrecer el tiempo de reacción e incrementa el tiempo motor. Se sometió a los tiradores a contracciones isométrica del 50% con el triceps braquial hasta el agotamiento y al contrario de sus expectativas y de los resultados de un estudio previo (Stull y Kearney, 1978), no se observó deterioro en el tiempo motor después de la contracción isométrica. Como la muestra de los sujetos estaba compuesta por atletas con buenas condiciones, la tarea de fatiga isométrica al 50% no fue probablemente suficientemente severa para provocar fatiga.

Otros estudios, de los efectos de ejercicios breves en los procesos mentales, han mostrado que tensiones musculares moderadas mejoran las tareas cognitivas mientras que altas o bajas tensiones no tenían efectos, Tomporowki y Ellis, (1986). Es importante enfatizar que en todos esos estudios las tareas mentales fueron llevadas a cabo simultáneamente con las contracciones. El único estudio de los efectos del post ejercicio mostraba un incremento en el umbral visual después de una contracción isométrica Kurs, Wapner y Werner (1958) en Devienne et al. (2000). No observaron variaciones en la realización de tareas de velocidad de reacción. La segunda hipótesis de que el ejercicio muscular submáximo podría incrementar los procesos atencionales y los efectos preparatorios observados en el tiempo promotor tampoco se validó.

Duvan, Toros y Senel, (2010) realizaron un estudio sobre el efecto del ejercicio de intensidad máxima en el Tiempo de Reacción visual en tiradores turcos. Se realizó el test de tiempo de reacción en reposo. A continuación se les sometió a un esfuerzo en cicloergómetro hasta el agotamiento y se volvió a realizar el test de tiempo de reacción. Este estudio encontró que el tiempo de reacción aumentaba significativamente con la carga máxima.

1.3.5.- La Fuerza

La biomecánica, basándose en la segunda ley de Newton, define la fuerza como la causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, (Ortiz Cervera, Gue, Navarro, Poletaev y Rausell, 1996).

La fuerza según diversos autores se puede definir como:

- Según Goldspink y Harridge (1992), la fuerza es la capacidad de producir tensión que el músculo tiene al activarse o acortarse. Al nivel ultra-estructural, la fuerza se relaciona con el número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina.

- Para Harman (1993) la definición más precisa de fuerza es la habilidad de generar tensión bajo ciertas condiciones definida por la posición del cuerpo, el movimiento en que la fuerza se aplica, el tipo de la contracción y la velocidad del movimiento.
- Según Delgado, Peres, Goiriena, Vandewalle y Monod (1992), la fuerza es la "capacidad de ejercer tensión a través de la contracción muscular, permitiendo vencer, aguantar o hacer presión contra una resistencia".
- Para Manno (1999) la fuerza muscular, desde el punto de vista fisiológico, es la capacidad motriz del ser humano que permite vencer una resistencia u oponerse a ella mediante la utilización de la tensión de la musculatura.
- Por su parte Siff y Verkhoshansky (2000) hablan de la fuerza como la "capacidad de un músculo o grupo de músculos determinados para generar una tensión muscular bajo unas condiciones específicas.
- Para González Badillo y Gorostiaga (2002), la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión del músculo al activarse.

La mayoría de los autores, están de acuerdo en definir el concepto de fuerza. Es algo evidente y notorio por la propia definición de fuerza que esta es necesaria en cualquier modalidad deportiva. En todos los deportes es necesario vencer alguna resistencia, ya sea nuestro propio peso, el de un contrario o el de un objeto.

En el deporte la resistencia a vencer por la musculatura es el propio cuerpo del deportista, aunque en otras ocasiones se actúa sobre resistencias externas dependiendo de las peculiaridades de cada disciplina deportiva (González Badillo y Gorostiaga, 2002).

La fuerza es determinante en la ejecución de las distintas acciones técnicas. Además la capacidad física de fuerza se considera fundamental como base de la capacidad condicional de velocidad, factor de rendimiento en este deporte. Es más, autores como Sedano et al. (2009) hablan de la existencia de un nexo de unión entre las diferentes manifestaciones de la velocidad y las distintas manifestaciones de la fuerza explosiva en los deportistas en general.

1.3.5.1.- Factores determinantes de la fuerza

En la Figura 1.6. (Tomado de Izquierdo, 2011) se muestra un gráfico relativo a los factores determinantes de la fuerza.

Figura 1.6: Resumen de los factores determinantes de la fuerza.

(Fuente: Izquierdo, 2011).

1.3.5.2.- Manifestaciones de la fuerza

La clasificación realizada por Platonov y Bulatova (1993) es, desde el punto de vista del entrenamiento deportivo, una de las más extendidas y la vamos a utilizar como referencia en este trabajo, centrándonos especialmente en todo lo referente a la fuerza velocidad:

- Fuerza máxima.
- Fuerza resistencia.
- Fuerza velocidad.

Estos autores citados señalan que en el deporte es raro que se produzca una manifestación de fuerza de forma aislada sino que normalmente se da una combinación entre los diferentes tipos aunque, dependiendo de las exigencias del deporte, existirá un predominio de una u otra.

1.3.5.3.- Manifestación explosiva de la fuerza. Consideraciones generales.

Según Newton y Kraemer (1994) la fuerza explosiva se manifiesta en la ejecución de determinadas actividades que requieren una secuencia de movimientos dirigida a producir una velocidad elevada de salida en un movimiento o en el impacto con un cuerpo.

Para Izquierdo y Aguado (1997) la manifestación explosiva de la fuerza se encuentra condicionado por una serie de factores de tipo neuromuscular y coordinativo-técnico. Los primeros se vinculan con la distribución de las fibras musculares, así como con la habilidad del sistema nervioso para conseguir una máxima y rápida activación de los músculos y una mejor utilización del potencial de energía elástica almacenada, por su parte los factores coordinativo-técnico se relacionan con la coordinación y eficacia del movimiento.

Según Bosco (2000) dar una definición precisa de la fuerza explosiva no es fácil, sin embargo considera que puede ser identificada por los factores y elementos que contribuyen a su manifestación. La expresión de fuerza explosiva de tipo balístico es la más fisiológica y natural y está determinada por los siguientes factores:

- 1- Frecuencia de los impulsos nerviosos que llegan a los músculos desde el cerebro.
- 2- Número de las fibras musculares a las que se envían los mensajes.
- 3- Influencia de los biofeedback proporcionados, entre otros, por las células de Renshaw, los propioceptores o husos neuromusculares, los corpúsculos tendinosos de Golgi y los receptores articulares, a nivel tanto espinal como supraespinal.
- 4- Tipos de fibras musculares, ya que la fuerza explosiva está relacionada con el porcentaje de fibras rápidas que tiene el sujeto. De hecho la fuerza explosiva, evaluada mediante el salto vertical, ha mostrado una fuerte correlación con la cantidad de fibras rápidas.

- 5- Dimensión y tensión producida por cada fibra muscular, algo que depende de la masa y del peso molecular de la estructura proteica que constituye la fibra.
- 6- Condiciones fisiológicas en las que se encuentra la fibra muscular antes de que sea desarrollada la fuerza explosiva (estado de reposo, activo), es decir, si el trabajo concéntrico o positivo se realiza después de un estiramiento activo (trabajo excéntrico) del músculo o si se produce partiendo de condiciones de reposo.
- 7- Estado de entrenamiento en que se encuentra la fibra muscular puesto que influye tanto en el comportamiento neuromuscular como en el metabólico.

Para González Badillo y Gorostiaga (2002), la fuerza explosiva se corresponde con la habilidad para desarrollar una alta velocidad o para crear una fuerte aceleración. Está presente en todas las manifestaciones de la fuerza.

Muchos autores coinciden en afirmar que dentro de los factores que determinan la manifestación de fuerza explosiva habría que incluir el nivel de fuerza máxima, puesto que tener una buena base de fuerza máxima y de fuerza dinámica máxima es imprescindible para desarrollar gradientes elevados de fuerza explosiva, (Manno, 1999; Bosco, 2000).

Esta manifestación de la fuerza suele venir precedida de una contracción isométrica o excéntrica, de manera que la velocidad de contracción concéntrica depende del grado de tensión originado en esa contracción previa así como de la propia velocidad a la que se produce. La duración y velocidad del preestiramiento determina el tipo de fibras que se estimulan, el resultado del gesto y el efecto del entrenamiento. Un estiramiento más lento y largo se asocia con la estimulación de fibras lentas (ST) y uno más rápido activa más fibras rápidas (FT) y además provoca una mayor frecuencia de estímulos, lo que probablemente permite un mayor número de uniones de puentes cruzados. Si el estiramiento del músculo y la transición a la fase concéntrica son más largos que el tiempo de activación de los puentes cruzados de las fibras FT, la energía elástica se pierde por la ruptura local del complejo actina-miosina (Cavagna, 1974; Citteric, 1974; Bosco y cols. 1982; (citados por González Badillo y Gorostiaga, 2002).

Según González Badillo y Gorostiaga (2002) dentro de los picos de fuerza que podemos encontrar en un deportista, cobra especial importancia aquel que tiene que alcanzar el sujeto cuando realiza un gesto técnico específico. Según Olaso, Martínez y Planas (2004) la mejora de la fuerza aplicada se erige en un elemento determinante del rendimiento en la mayoría de las modalidades deportivas. Cometti (1999) afirma que los progresos conseguidos con el entrenamiento de fuerza deben materializarse en el propio juego por lo que el entrenamiento de esta capacidad física debe combinarse con ejercicios próximos a la técnica específica de la disciplina.

1.3.5.4.- Evaluación de la fuerza explosiva.

A pesar de que la mayor parte de las acciones cotidianas y deportivas se componen de una mezcla de contracciones, las condiciones experimentales diseñadas para estudiar la producción de fuerza están normalmente dirigidas a examinar los diferentes tipos de manifestaciones de manera aislada (Izquierdo y Aguado, 1997).

La capacidad de salto ha sido utilizada tradicionalmente como expresión de la potencia muscular. Entre los factores principales que influyen en esta acción cabe destacar la fuerza desarrollada por los músculos de la cadera, la rodilla y el tobillo y la velocidad con la que se manifiesta esa fuerza (Newton, Kraemer y Häkkinen 1999). De manera general, las pruebas de salto vertical se han diseñado para estimar la capacidad de los músculos extensores del miembro inferior para generar potencia en un corto período de tiempo, (Izquierdo y Aguado, 1997). Según Cometti (2007) una de las ventajas de la utilización del salto vertical reside en la gran variedad de posibilidades de evaluación existentes, así como en la simplicidad de las pruebas utilizadas.

En 1974 Asmussen y Bonde-Petersen (citados por Bosco, 1994) plantean por primera vez la idea de medir la elevación del centro de gravedad del sujeto durante la prueba de salto a través de la medición del tiempo de vuelo. De ahí surgió la idea de diseñar un aparato que permitiera medir el tiempo de vuelo y extraer la altura de salto a través de procedimientos matemáticos, apareciendo de esa manera el Ergojump Bosco System en 1980. Una vez diseñado el aparato y con el objetivo de estandarizar en la medida de lo posible su utilización, fue el propio Bosco quien diseñó una batería de tests que pasó a denominarse *Batería de Bosco* y que se compone de seis pruebas básicas (Bosco, 1994). Si bien existen más pruebas estandarizadas para la evaluación de la capacidad de salto, es esta batería la que se ha utilizado de una manera más extensa y, de hecho, para el presente trabajo se han extraído pruebas de dicha batería, de ahí que a continuación se explique de manera más detallada en qué consiste cada una de esas pruebas:

- 1- *Squat Jump (SJ)* o salto “de parado”: Consiste en un salto vertical sin contramovimiento partiendo de la posición de medio squat (rodilla flexionada a 90°) con el tronco recto y las manos en la cadera. Permite la valoración de la **fuerza explosiva** (no pliométrica) de los miembros inferiores.
- 2- *Counter Movement Jump (CMJ)*: Se trata de un salto vertical con contramovimiento que se realiza partiendo de una posición de parado, con el tronco erguido y las manos en las caderas. Según Cometti (2007) esta prueba permite medir la capacidad del músculo para desarrollar fuerza en tiempo más largo que para el SJ.
- 3- *Drop Jump (DJ)* o salto vertical con caída desde una altura variable (20 – 100 cm): También se le conoce como salto pliométrico. En su ejecución, el sujeto se encuentra erguido, con las piernas extendidas y las manos en las caderas sobre un cajón de una altura determinada. Desde ahí cae y al tomar contacto

con el tapiz, realiza un salto vertical a la máxima altura. Con ella se evalúa la **fuerza elástico - explosivo - reactiva**.

- 4- *SJ con elevación de cargas variables* (20–100 Kg, con barra sobre los hombros): La ejecución es similar al SJ pero soportando sobrecargas que pueden oscilar entre 20 y 100 Kg en una barra sobre los hombros. Permite la valoración de la fuerza dinámica máxima con cargas ligeras y pesadas y la capacidad de reclutamiento nervioso.
- 5- *Repeated Jump (RJ)* con saltos tipo CMJ repetidos con una duración de 5 a 60 segundos: El método de ejecución de los saltos es igual que el CMJ pero en esta ocasión se realizan de forma seguida durante el tiempo que se haya establecido. La flexión de las piernas en cada salto debe alcanzar un ángulo de 90°. Permite valorar la **resistencia a la fuerza veloz**.
- 6- *RJ con la rodilla bloqueada* y con una duración de entre 5 y 7 segundos con y sin obstáculos: Consiste en la ejecución de algunos saltos verticales en los que se busca la mayor altura estando en contacto con el suelo el menor tiempo posible. Las rodillas deben bloquearse al máximo y se pueden usar los brazos. Se valora la **capacidad reactiva en saltos repetidos**.

Aunque no se incluye dentro de la Batería de Bosco tenemos que hacer una reseña al test de Abalakov (ABK), también denominado por Cometti (2007) counter movement jump con los brazos (CMJB). Esta prueba está basada en el test original planteado por Abalakov en 1938 pero utilizando la plataforma para calcular la elevación del centro de gravedad. Es similar al CMJ, con la diferencia de que los brazos no permanecen fijos en la cadera sino que existe un balanceo de los mismos de atrás hacia adelante.

1.3.6.- La Fuerza en esgrima

Son varios los autores que bien hablan de la importancia de la fuerza en la esgrima, o bien indican cuales de sus manifestaciones son más importantes.

Turner et al. (2013), afirman que puesto que el fondo es un movimiento de ataque y que el éxito de esta acción depende de la velocidad de su ejecución, es necesario tener un coeficiente de desarrollo de la fuerza mejorada y ser capaz de generar salidas de alta potencia. Además, puesto que a menudo el fondo se ejecuta después de rebote es posible que esté implicado el ciclo de acortamiento estiramiento y por tanto también debe ser mejorado.

Para Platonov y Bulatova (2007) la fuerza velocidad es la capacidad del sistema neuromuscular de movilizar el potencial funcional para lograr elevados índices de fuerza en el tiempo más breve posible. La fuerza velocidad demostrada en condiciones de notable resistencia suele ser caracterizada como fuerza explosiva. Por ello, entendemos que la fuerza velocidad ejerce una influencia decisiva en los resultados de la esgrima. La fuerza ejercida contra una resistencia pequeña o media con una gran

velocidad inicial se conoce como fuerza de salida la cual también es decisiva en las acciones de esgrima.

Según Ramos y Almenara (2010), se ha demostrado en la práctica que además del nivel técnico y táctico requerido para el éxito en la esgrima, la preparación física, puede desempeñar un rol decisivo en muchas ocasiones y siempre es un valioso sustento de las acciones técnicas.

Para González Badillo y Gorostiaga (2002) los movimientos rápidos con cargas inferiores al 25%, a semejanza de los realizados en esgrima, son determinados no tanto por la fuerza explosiva máxima, sino por la relación del incremento de fuerza en la unidad de tiempo es decir, el índice de manifestación de la fuerza (IMF) (Behm y Sale, 1993) en la parte inicial de la curva fuerza-tiempo, que es la fuerza inicial.

Según Kuznetsov (1984) la fuerza explosiva es también una cualidad característica de la esgrima en la cual el nivel de desarrollo de las cualidades especiales de velocidad-fuerza desempeña igualmente un papel importante.

Por su parte, Platonov y Bulatova (2007) afirman que en la esgrima, en la que se exige una manifestación repetida de fuerza velocidad para vencer la masa del brazo y del arma o del propio cuerpo, el papel del diámetro muscular es insignificante.

Según Iglesias (1997), la fuerza explosiva es una de las principales cualidades físicas desarrollados en este deporte y se nos presenta como uno de los factores de rendimiento, pero sus indicadores no son útiles para predecir la progresión del nivel esgrimístico porque, en el rendimiento, influyen muchas otras variables como las ambientales, las psicológicas y su aplicación técnico táctico en los asaltos.

Para Caldarone, Sardella y Dal Monte (1983), Marini (1984) y Waterloh et al. (1975) la fuerza explosiva o capacidad para generar la mayor fuerza en el menor tiempo posible (González Badillo y Gorostiaga, 2002), es una de las capacidades más importantes en esgrima.

Según Harmenberg et al. (1991) y Williams y Walmsley (2000a-b) el rendimiento del fondo, una de las habilidades fundamentales de la esgrima, que discrimina entre tiradores de élite y tiradores noveles, está relacionado con la fuerza y la potencia muscular de las piernas y con el rendimiento de alta velocidad y ha sido de gran interés para los entrenadores (Roi y Bianchedi, 2008; Tsolakis, Kostaki y Vagenas, 2010).

Tsolakis, Kostaki y Vagenas, (2010) afirman que sus investigaciones demuestran que la velocidad, la fuerza muscular y la coordinación neuromuscular son parámetros importantes para maximizar las características de potencia funcional de las extremidades inferiores durante la ejecución de la esgrima.

Para Juárez et al. (2008) la acción ofensiva es el componente más determinante del éxito en esgrima, las acciones ofensivas se ejecutan con fondo o flecha y a la máxima velocidad.

En relación a la fuerza en esgrima y su planificación y desarrollo encontramos que Kutnetsov (1984) afirma que en la preparación de fuerza en los deportistas de esgrima se deben observar tres direcciones principales:

- preparación general de fuerza caracterizada por la retención de la fuerza de todo el sistema muscular.
- preparación de fuerza multifacética orientada hacia un objetivo: obtención priorizada de la fuerza de los músculos que soportan la carga principal y auxiliar del ejercicio especializado con ayuda de medios no afines con la estructura específica del ejercicio, pero si cercanos.
- preparación especial de fuerza de aquellos músculos que soporta la carga principal, utilizando medios en los que se mantiene la estructura específica del ejercicio y el carácter de las tensiones neuro-musculares.

Para Platonov y Bulatova (2007) la mejora de la fuerza de salida o explosiva en esgrima debe realizarse con resistencias en los entrenamientos que deben oscilar entre el 30-50%.

En esgrima, para Juárez et al. (2008), no solo es necesaria una valoración general de la fuerza explosiva, sino también, una evaluación de los gestos típicos del deporte valorando la fuerza explosiva específica.

Iglesias, (1997) afirma en relación a la fuerza y el nivel de los tiradores que en los grupos heterogéneos de tiradores, los resultados de los indicadores de fuerza explosiva de las extremidades inferiores correlaciona de forma significativa con el nivel esgrimístico, perdiéndose la significación a medida que las muestras de estudio son más homogéneas. Tanto en la valoración global de los tiradores para todos los niveles de rendimiento, cómo en el análisis parcial de los tiradores de primera categoría de la RFEE, los sablistas presentan la tendencia a poseer mejores valores en los protocolos donde interviene, de forma relevante, el componente elástico de la musculatura (CMJ, coeficiente de elasticidad, Test de Fondo con Salto (TFS) y Test de 3 recorridos de 5 m con desplazamientos específicos de esgrima (T3x5m), en comparación con los espadistas y los floretistas. Por el contrario, los tiradores de armas de punta (florete y espada) tienden a presentar mejores valores que los de sable en los tests donde menos interviene el componente elástico (SJ y Test de Fondo (TF)). El protocolo específico TF nos informa con gran fiabilidad ($p < 0,01$) de la velocidad de ejecución del fondo en los tiradores. La eficacia del gesto técnico, controlada por los indicadores TF y TFS, se relaciona significativamente con la fuerza explosiva (SJ, CMJ) hasta un cierto punto, donde las variables técnicas son los que condicionan los niveles de la ejecución final. En la globalidad de los tiradores se observan valores más altos en el test de CMJ que en los de SJ, con unas diferencias entre 1,7 a 1,5 cm (CI: 95%). Estas diferencias favorables al protocolo con contramovimiento suponen un coeficiente de elasticidad medio de 2,1 cm. En los protocolos específicos, el TFS con intervención del componente elástico de la musculatura también presenta valores significativamente superiores al del TF. Los tiradores masculinos de la primera

categoría de la RFEE, en sus 3 armas, presentan resultados similares en los protocolos generales y específicos, existiendo tan sólo significación estadística en la superioridad de los valores medianos del TF de los espadistas en relación a los sablistas ($p < 0,05$).

Juarez et al. (2008), no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la velocidad horizontal del centro de masas entre el fondo en posición estática o desde una posición dinámica y Borysiuk (2008), tampoco encuentra diferencias significativas en el tiempo de movimiento en el fondo entre tiradores expertos y noveles. Sin embargo, si las encuentra en la tensión generada en un grupo y otro para la misma respuesta. Siendo menor, la tensión, en el grupo de expertos.

Es bastante difícil de encontrar diferencias significativas entre los tiradores de distintos niveles de clasificación cuando las pruebas que se utilizan no son específicos o comienzan desde una posición estacionaria (Roi y Bianchedi, 2008).

Siguiendo a Turner et al. (2013) encontramos que si asumimos que el tiempo de movimiento del fondo se sitúa en torno a los 300 ms, esto implica que no es posible desarrollar la fuerza máxima en este deporte ya que hay que tener en cuenta que el tiempo necesario para desarrollar la fuerza máxima puede requerir hasta 600 a 800 ms. Esto implica la necesidad de entrenar la potencia y el índice de manifestación de fuerza.

2- OBJETIVOS

El estudio pretende valorar la influencia que tiene el entrenamiento en factores (variables) de tipo antropométrico, de condición física y de tipo técnico en tiradores de nivel competitivo nacional.

Se pretende intervenir directamente en el proceso del entrenamiento para ver en qué medida un programa concreto de trabajo de la fuerza de 12 semanas de duración influye en las variables valoradas anteriormente.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantea como objetivo principal el siguiente:

- 1- Valorar la influencia de un programa de entrenamiento de la fuerza de 12 semanas de duración en las diferentes variables analizadas, especialmente en las que afectan al tiempo de reacción y tiempo de movimiento.

Y como objetivos secundarios:

- 2- Estudiar la evolución del rendimiento durante el proceso de intervención.
- 3- Observar si se mantienen las mejoras en las variables tras la finalización del periodo de entrenamiento.
- 4- Analizar la influencia del entrenamiento de fuerza sobre las variables antropométricas.

3- METODOLOGÍA

El trabajo se ha desarrollado en tres fases claramente diferenciadas:

La primera a su vez, se ha subdividido en dos etapas. En una primera etapa se trató de definir y estandarizar un test específico de esgrima para medir el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento y que fuera fácilmente realizable. En la segunda etapa se validó dicho protocolo.

En la segunda fase se trató de analizar como evolucionaba el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento a lo largo de una competición simulada. El objetivo era obtener valores de tiempo de reacción o tiempo de movimiento que nos pudiera indicar fácilmente la carga de trabajo en los entrenamientos y nos facilitara además valores que pudiéramos utilizar para modelar entrenamientos adecuados a distintas fases competitivas.

En la tercera etapa, puesto que en la anterior no encontramos diferencias significativas a lo largo de las competiciones se ha definido un plan de entrenamiento para ver la influencia en las diferentes variables analizadas, especialmente en las que afectan al tiempo de reacción y tiempo de movimiento.

3.1.- MUESTRA

3.1.1.- Muestra para la validación del test

Se empleó una muestra de 6 tiradores experimentados, 3 varones y 3 mujeres, (edad media $19,6 \pm 4,2$ años; peso $70,6 \pm 8,4$ kg; talla $174,6 \pm 6,7$ cm y experiencia en esgrima $7,4 \pm 3,2$ años) todos ellos entre los 12 primeros en sus respectivos rankings nacionales. Estos tiradores participaron de manera voluntaria en el estudio y fueron previamente informados de los objetivos y métodos del mismo, aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de León donde se llevó a cabo el estudio, prestando su consentimiento por escrito antes de llevar a cabo el estudio.

3.1.2.- Muestra para el estudio de la evolución TR y TM en competición simulada

Para la realización de este estudio se empleó una muestra de 13 personas, 5 varones y 8 mujeres, cuyas edades estaban comprendidas entre los 14 y los 43 años.

Dicha muestra se extrajo de los grupos de entrenamiento del Dismevea Club de Esgrima. La muestra abarca todas las categorías, desde M15 (Menores de 15 años), hasta Veteranos (Mayores de 40 años).

Estos sujetos de la muestra practicaban esgrima de manera regular con una media semanal de 7 horas de entrenamiento divididos en 3 entrenamientos.

En cuanto a la experiencia dentro de esta modalidad deportiva, era variable con 4,6 años de media. Siendo el tiempo mínimo 2 años y el máximo 9 años.

Estos tiradores participaron de manera voluntaria en el estudio y fueron previamente informados de los objetivos y métodos del mismo, aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de León donde se llevó a cabo el estudio, prestando su consentimiento por escrito antes de llevar a cabo el estudio.

3.1.3.- Muestra para el estudio de la influencia del entrenamiento de fuerza en TM y TR

En el estudio participaron 12 tiradores que fueron divididos en dos grupos de forma aleatoria: el grupo experimental (GE) y el grupo de control (GC). Las características de edad, talla y peso, aparecen en la Tabla 3.1. Los grupos no presentaban diferencias significativas en el momento de iniciarse el trabajo ($p = 0.119 - 0.982$) tal y como se expone en la Tabla 4.12. Todos los tiradores tenían una experiencia superior a 6 años (GC: $10,3 \pm 2,5$ años; GE: $9,7 \pm 6,4$ años) y entrenaban una media de $11,1 \pm 3,1$ horas semanales.

Los sujetos participaron de manera voluntaria en el estudio y fueron previamente informados de los objetivos y métodos del mismo, aprobados por el Ética de la Universidad de León donde se llevó a cabo el estudio, prestando su consentimiento por escrito antes de llevar a cabo el estudio.

Tabla 3.1: Datos demográficos y antropométricos de los atletas (Media $\pm$ SD)

Grupo	Edad	Talla	Peso(kg)
Grupo control (n = 6)	22,3 $\pm$ 8,1	179,5 $\pm$ 5,2	77,12 $\pm$ 10,1
Grupo Experimental (n = 6)	24,8 $\pm$ 7,2	173,3 $\pm$ 7,8	70,43 $\pm$ 10,5

3.2.- MATERIAL

3.2.1.- Material empleado en la toma de datos antropométricos

- Báscula electrónica SECA® ATRAX 770 (capacidad de medición de 0 a 150 kg y precisión de 0,1 kg).
- Tallímetro SECA®, modelo 240, (capacidad de medición entre 60 y 209 cm y precisión de 0,1 cm).
- Calibre Lafayette® (capacidad de medición entre 0 y 12 cm y precisión de 0,1 cm).
- Cinta métrica inextensible Holtain® (capacidad de medición de 0 a 100 cm y precisión de 0,1 cm).
- Plicómetro Holtain® (British Indicators® Ltd) (capacidad de medida de 0 a 40 mm y precisión de 0,2 mm).
- Lápiz dermatográfico.

3.2.2.- Material empleado en la toma de datos referentes a la fuerza

- Plataforma de contacto Sportjump System® conectada a un ordenador portátil Intel® Corel™2 Duo con el sistema operativo Windows® XP (Home edition) y el Software SportJUMP 2.0® diseñado específicamente para el registro y análisis de los datos procedentes de la plataforma.
- Máquina Salter M-485 Power Leg.
- Multiestación Salter M777.

3.2.3.- Material empleado en la medición de TM y TR

- El sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser constaba de tres periféricos (Figura 3.1) utilizando el software SportSPEED-v2.0, validado para una precisión de 500 Hz (García-López y col., 2005).
- Una barrera de láser (periférico “A”), que realiza la función de detector de paso, que envía la señal por telemetría al módulo central.
- Una varilla metálica (periférico “B”), que gira en el plano horizontal, que al entrar en contacto con la cazoleta del arma envía la señal por cable al módulo central.
- Y la punta del arma del tirador (periférico “C”), que funciona como un pulsador, conectado por cable al módulo central.

Figura 3.1: Materiales empleados

3.2.4.- Material empleado en la validación del protocolo de medición de TM y TR

Para llevar a cabo el proceso de validación del test de tiempo de reacción y tiempo de movimiento con el protocolo específico a utilizar, se empleó el mismo material enumerado anteriormente para la prueba de tiempo de movimiento y tiempo de reacción además de los siguientes elementos:

- Sistema 3D Vicon Oxford Metrics T160 con fotogrametría de captura automática con 7 cámaras con focos de luz infrarrojos sincronizadas a 200 Hz.

3.2.5.- Material empleado en el entrenamiento específico

Para el entrenamiento de la fuerza tanto de la máxima, como de la fuerza explosiva se han utilizado dos máquinas.

- Piernas: En la Figura 3.2 (izquierda) se aprecia la máquina Salter M-485 Power Leg, utilizada en el trabajo de piernas, tanto para el trabajo de media sentadilla, como para el trabajo de gemelos. Es una prensa vertical con apoyo del peso en los hombros que se regula tanto en altura, como en anchura. Para el trabajo de sentadillas el apoyo de los pies se realiza en el suelo y para el trabajo de gemelos se acopla un banzo sobre el que se colocan los pies.
- Pectorales: La máquina utilizada para el trabajo de pectorales se observa en la Figura 3.2 (derecha) y utiliza un banco plano y la transmisión de la carga se realiza mediante una barra.

Figura 3.2: Máquina utilizadas: trabajo de piernas (izda.) y para pectorales (dcha.).

3.2.6.- Material empleado en el almacenamiento y tratamiento de datos.

- Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio I (Anexo N° 1).
- Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio II (Anexo N° 2).
- Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio III (Anexo N° 3).

- Hoja de registro de datos antropométricos (Anexo N° 4).
- Hoja de registro de datos de fuerza máxima (Anexo N°5).
- Hoja de registro de datos personales y deportivos (Anexo N°6).
- Hoja de registro de datos personales de entrenamiento (Anexo N°7).
- Hoja de registro de datos de fuerza máxima (Anexo N°8)
- Ordenador portátil Intel ® Corel TM2 Duo con el sistema operativo Windows® XP (Home edition).
- Editor de texto Microsoft Word 2010.
- Hoja de cálculo Microsoft Excel 2010.
- Paquete SPSS 17.0 para Windows.

3.3.- PROCEDIMIENTO

Después de planteado y diseñado el estudio se informó del procedimiento y de los objetivos a los responsables del DismeVa Valladolid Club de Esgrima, entrenadores de los tiradores y a los propios tiradores, solicitando su permiso y su adscripción voluntaria. Antes del inicio de la evaluación, cada participante cumplimentó el documento de consentimiento de participación voluntaria I (Anexo 1), siendo éste un requisito indispensable para la participación en el estudio.

Una de las premisas de la investigación fue la de interferir lo menos posible en la dinámica general de los entrenamientos de los participantes. Para ello, se seleccionaron pruebas de fácil y rápida realización con el objetivo de contar con una buena predisposición por parte de los entrenadores y de los propios tiradores. Se escogieron pruebas de campo en las que los examinadores se desplazaban al lugar de entrenamiento, adaptándose al horario de cada grupo. En todas las evaluaciones se desplazaron mínimo tres examinadores experimentados, cada uno con sus funciones asignadas de antemano, para agilizar la realización de las pruebas y evitar la sobrecarga de trabajo en un solo examinador.

Antes de efectuar las pruebas específicas cada voluntario rellenó la hoja de registro de datos individuales, personales y deportivos (Anexo 5).

Todos los sujetos se familiarizaron con los protocolos de medición antes de la recogida de datos inicial la cual se realizó en dos sesiones. En la primera, se tomaron los datos antropométricos y de TR y TM y fuerza explosiva y en la segunda, dos días después, se tomó la información sobre la fuerza máxima. Ambas sesiones fueron coordinadas por la misma persona para asegurar en todo momento la integridad y el orden de los protocolos. Todos los deportistas realizaron los test en 4 ocasiones: T1, 1 semana antes de empezar el programa de entrenamiento; T2 y T3, después de la semana 6 y 12 del programa de entrenamiento, respectivamente; y T4, 5 semanas después de finalizar el programa.

El calentamiento estandarizado fue dirigido por un licenciado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, encargado de hacer que siempre fuese idéntico a fin de que las condiciones de realización de las pruebas fuesen, en la medida de lo posible, las mismas para todas las participantes. El calentamiento consistió en los siguientes ejercicios:

- 4 minutos de carrera con ejercicios de movilidad articular intercalados.
- 3 minutos de estiramientos dirigidos, centrados especialmente en la musculatura de las piernas.
- 3 minutos en los que se efectuaban series de saltos utilizando el protocolo propio del CMJ y el SJ.
- 5 minutos de desplazamientos específicos de esgrima.

3.3.1.- Toma de datos antropométricos

La toma de datos antropométricos se efectuó en la propia sala de esgrima convenientemente habilitada, con temperatura e iluminación adecuadas. Los datos fueron registrados con los voluntarios en pantalón corto y descalzos.

Todas las medidas necesarias para la determinación de la composición corporal y el somatotipo fueron tomadas por un evaluador experimentado, siguiendo los protocolos de medidas antropométricas establecidos por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC), (Esparza y cols. 1993). Este evaluador contó con la colaboración de un ayudante que anotaba las medidas obtenidas en la ficha de datos antropométricos. Dichas medidas se registraron tras efectuar la adecuada calibración de los instrumentos y después de marcar con lápiz dermográfico los puntos anatómicos de referencia, siempre en el lado derecho del sujeto estudiado, independientemente de que fuera o no su lado dominante.

Se registraron, siguiendo un procedimiento de arriba hacia abajo y manipulando los instrumentos de medida con la mano derecha (Esparza y cols. 1993), las siguientes medidas:

- Talla y masa corporal.
- **Altura trocantérea:** Distancia entre el punto trocantéreo y el plano de sustentación.
- **Pliegues** (Esparza y cols., 1993): En la toma de pliegues el sujeto se colocaba en posición anatómica o *posición de atención antropométrica*, salvo en las excepciones que se señalen. De cada pliegue se registraban tres medidas para calcular posteriormente la media de las mismas.
 - **Tríceps:** En la parte posterior del brazo, en el punto medio acromio-radial. Es vertical y discurre paralelo al eje longitudinal del brazo.
 - **Subescapular:** En el ángulo inferior de la escápula, en dirección oblicua hacia abajo y hacia fuera, formando un ángulo de 45° con la horizontal.

- *Suprailíaco anterior*: En la intersección entre la línea del borde superior del ileon y la línea imaginaria que va desde la espina iliaca antero-superior derecha hasta el borde axilar anterior. El pliegue forma un ángulo aproximado de 45° con la horizontal.
- *Abdominal*: A la derecha de la cicatriz umbilical. Es vertical y discurre paralelo al eje longitudinal del cuerpo.
- *Muslo anterior*: En el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y el borde proximal de la rótula, en la parte anterior del muslo. En este caso el tirador se situaba sentada formando con sus rodillas un ángulo de 90°.
- *Medial de la pierna*: En el punto de máxima circunferencia de la pierna, en su cara medial. Es un pliegue vertical que discurre paralelo al eje longitudinal de la pierna. En este caso el voluntario se situaba con la pierna flexionada con la rodilla en ángulo recto y el pie colocado sobre un banco.
- **Diámetros** (Esparza y cols. 1993):
 - *Biepicondíleo del húmero*: Es la distancia entre el epicóndilo y la epitroclea del húmero. El tirador colocaba el brazo horizontal y en antepulsión y el antebrazo flexionado a 90° y en supinación. Las ramas del calibre apuntaban hacia arriba en la bisectriz del ángulo recto formado en el codo.
 - *Biestiloideo*: Es la distancia entre la apófisis estiloides del radio y el cúbito. El tirador se situaba sentado, con el antebrazo en pronación sobre el muslo y la mano flexionada con la muñeca en un ángulo de unos 90°. Las ramas del calibre se dirigían hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca.
 - *Bicondíleo del fémur*: Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El tirador se colocaba sentado, con la rodilla flexionada a 90°. Las ramas del calibre miraban hacia abajo en la bisectriz del ángulo recto formado a la altura de la rodilla.
- **Perímetros** (Esparza y cols. 1993):
 - *Brazo relajado*: Se sitúa en el punto medio de la distancia acromio-radial. El tirador permanecía en posición anatómica.
 - *Brazo contraído y flexionado*: Es el perímetro máximo del brazo cuando éste se contrae voluntariamente. El brazo se coloca en antepulsión y horizontal. El antebrazo en supinación completa y aproximadamente a 45° de flexión. El voluntario tensaba al máximo los músculos flexores del codo registrándose el perímetro alcanzado.
 - *Medial del muslo*: Situado en el punto medio trocantéreo-tibial. El tirador se colocaba de pie con las piernas ligeramente separadas y el peso distribuido equitativamente entre ambas.

- *Pierna*: Se mide a la altura de la máxima circunferencia de la pierna. El tirador se situaba en la misma posición que en la medición del pliegue medial del muslo.

El estudio de la composición corporal se realizó a partir de un modelo de 4 componentes: porcentaje de grasa + peso óseo + peso residual + peso muscular.

En el cálculo del porcentaje de grasa se empleó la ecuación propuesta por Faulkner (1968) utilizando seis pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo anterior y medial de la pierna). Para el cálculo de la masa ósea se utilizó la fórmula de Von Döbeln modificada por Rocha (1975). Por su parte la masa residual se halló a partir de las constantes planteadas por Würch (1974). Finalmente la masa muscular se obtuvo a través de la fórmula de Matiegka (1921). Con los datos obtenidos se calculó posteriormente el porcentaje de cada componente, siendo esa referencia la que realmente se emplea en este estudio.

Para el cálculo del somatotipo se utilizó el método antropométrico de Heath-Carter (Carter, 1975), que propone dividir al individuo en tres componentes, (endomórfico, mesomórfico y ectomórfico) representados por tres cifras.

La representación gráfica del somatotipo se obtuvo mediante el triángulo de Reuleaux más conocido como somatocarta o somatograma (Carter, 1975).

3.3.2.- Toma de datos de Fuerza Máxima

Antes de realizar la segunda prueba de la sesión de test, los tiradores realizaron un calentamiento estandarizado de 20 minutos.

Para medir la fuerza máxima se utilizó el test de una repetición máxima (1RM) siguiendo el protocolo establecido por National Strength and Conditioning Association (NSCA):

- Levantaban una resistencia ligera que les permitiera realizar entre 5 -10 repeticiones.
- Descanso de 1 minuto.
- Levantaban una resistencia que les permitiera realizar entre 3-5 repeticiones, añadiendo entre un 5-10% de carga en los ejercicios para las piernas y entre un 10- 20% para brazos.
- 2 minutos de descanso.
- Levantaban una resistencia que les permitiera realizar entre 2-3 repeticiones añadiendo un 5-10% de carga a los ejercicios de brazos y un 10-20% para ejercicios de piernas.
- 3 minutos antes de realizar aumentos de carga consecutivos entre un 5-10% para los brazos y un 10-20% para las piernas hasta que el tirador pudiera completar una sola repetición con la técnica del ejercicio correspondiente.

El test de 1 repetición máxima (1RM) se realizó con:

- Press banca horizontal
- Media sentadilla
- Extensión de gemelos de pie
- Se establecieron 5 minutos de descanso entre ejercicios.

3.3.3.- Toma de datos de Fuerza Explosiva

Para la evaluación de la fuerza explosiva se utilizaron dos pruebas de salto recogidas dentro de la batería de Bosco, cuyos protocolos originales han quedado reflejados en el apartado de antecedentes: SJ y CMJ. En la realización de estas pruebas los voluntarios debían llevar ropa y calzado deportivo.

- SJ: En esta prueba el tirador debe efectuar un salto vertical partiendo de la posición de media sentadilla (rodillas flexionadas a 90° grados), con el tronco erguido y con las manos dispuestas en la cintura. El individuo debe efectuar la prueba sin realizar contramovimiento hacia abajo. El salto, firme, y realizado sin la ayuda de los brazos, constituye una prueba sencilla de fácil aprendizaje y de elevada estandarización (Figura 3.3). También se realizaron tres saltos, siguiéndose el mismo procedimiento que en el caso anterior para el posterior análisis estadístico. La recuperación entre ejecuciones fue de un minuto.
- CMJ: Salto hacia arriba con los brazos fijos en la cintura y realizando un contramovimiento. Cada participante realizó tres saltos utilizando como registro válido para el análisis estadístico el intento en el que se alcanzó mayor altura. Entre salto y salto mediaban cuarenta segundos de recuperación en los que el voluntario realizaba estiramientos.

Entre la realización del SJ y CMJ mediaban tres minutos de recuperación en los que también se realizaban estiramientos.

Se anularon todos aquellos saltos en los que:

- La persona no caía en el mismo sitio en el que despegaba.
- Existía flexión de rodillas durante la fase de vuelo.
- En cualquier fase del movimiento se despegaban los brazos de la cintura.
- Existían movimientos de los pies justo antes de ejecutar el salto.
- El tronco no permanecía erguido.
- No se contactaba con el suelo en la misma posición del instante final de la batida: el tronco vertical, las rodillas extendidas y una flexión plantar completa.

Figura 3.3: Protocolo de ejecución del SJ.

Todos los saltos que no respetaban los criterios establecidos se consideraban nulos y se daba la posibilidad de repetirlos.

3.3.4.- Toma de datos de TR y TM específico de esgrima

Para la toma de datos de tiempo de reacción y tiempo de movimiento se diseñó un test específico consistente en la realización de un fondo ante el envite del maestro. Para la validación del test se realizó un estudio en el que se empleó una muestra de 6 personas, cuyas características ya han sido descritas en el apartado correspondiente.

Con el fin de procurar una validez interna del sistema de cuantificación propuesto para medir los tiempos de reacción, movimiento y total, se empleó una metodología basada en el “método Delphi” de consulta o sondeo de expertos que se aplica en el ámbito empresarial (Landeta, Matey, Ruiz y Villarreal, 2002). Para ello se seleccionó inicialmente un grupo de trabajo (“panel de expertos”) integrado por especialistas en esgrima con amplias trayectorias profesionales y máxima titulación tanto académica como federativa de ámbito nacional e internacional. A lo largo de diversas rondas de consulta realizadas de forma anónima, se fueron plasmando las convergencias en los conocimientos, las experiencias y la opinión de los expertos, hasta obtener un consenso que nos permitió proponer un test estandarizado.

Este proceso se ha desarrollado en varias fases:

- Enunciado general del test
- Estandarización del test
- Validación del protocolo

3.3.3.1.- Enunciado general del test

Dado que se pretende diseñar un test para medir el tiempo de reacción y de movimiento en esgrima creemos oportuno que este sea lo más específico posible, siguiendo las directrices marcadas por Roca (1983) *“No creemos oportuno pensar que las pruebas de un laboratorio de reacciometría sean unos buenos índices de selección y por lo tanto de predicción de una actividad deportiva, siendo esta mucho más compleja.”* La especificidad del test era un tema de suma importancia ya que de la

misma forma que se ha demostrado que pruebas inespecíficas de resistencia no discriminan entre tiradores de un nivel u otro, Weichenberger, Liu y Steinacker (2012), suponemos que los datos obtenidos con pruebas inespecíficas de tiempo de reacción y tiempo de movimiento pueden llevar a obtener conclusiones no relevantes para la esgrima.

Por tanto partimos de la idea de realizar una acción de tocado ante un estímulo. Esta acción tiene que permitir discriminar tiempo de reacción y tiempo de movimiento. (Alonso, Sedano, De Benito, Cuadrado, Redondo, 2010).

Para medir el tiempo de reacción se colocará una barrera justo delante de la cazoleta del tirador. De tal forma que en cuanto se inicie el primer movimiento, se registre. El primer movimiento siempre consiste en estirar el brazo armado, para una vez estirado del todo realizar el movimiento de piernas, tal y como ha quedado descrito en el apartado correspondiente. El tiempo de movimiento se medirá conectando la punta del arma del tirador al sistema DSD Laser System. Esto se puede realizar porque el sistema acepta periféricos siempre que los mismos actúen como interruptores. La punta de una espada es un interruptor que se cierra al producirse el tocado.

Se ha optado por la realización de un fondo para facilitar que el mayor número posible de tiradores puedan realizar el test. La opción de la flecha se descartó ya que tiradores jóvenes, tiradores veteranos o tiradores con poco tiempo de práctica no dominan este desplazamiento y por tanto se limita de forma importante los sujetos a los que se puede estudiar.

En cuanto al estímulo a utilizar para iniciar el test, la decisión se realizó atendiendo al deporte en cuestión. La esgrima es un deporte en el que los estímulos son mayoritariamente visuales, por este motivo se desechó la realización de un test iniciado con estímulo auditivo o táctil. Una vez decidido que el estímulo tenía que ser visual había que concretar qué estímulo visual era el que se iba a utilizar. Como se pretende que el test sea lo más específico posible se opta por iniciar la acción por medio de un estímulo real al que los tiradores están habituados y que no requiere tiempo de aprendizaje.

En este punto volvemos a encontrarnos con dos posibilidades. Por un lado que sea una acción grabada y posteriormente proyectada, tal y como realizaron Mori et. al. (2002), en su estudio sobre tiempo de reacción y habilidades anticipatorias en kárate, o por otro lado que sea una acción real realizada por un maestro, tal y como realizaron Harmenberg, et. al (1991). La grabación y posterior emisión de una proyección facilitaba la estandarización al ser siempre idéntica, sin embargo planteaba el grave inconveniente de la necesidad de aumentar el material requerido para realizar el test, aumentaba los tiempos de preparación y recogida del mismo, lo que dificultaba realizar los test en las propias salas de esgrima antes y después de los entrenamientos. Se descartó ante la imposibilidad de realizarlo como un test de campo.

Decidido que fuera una acción del maestro, el estímulo inicial, existían también dos opciones: que el maestro realizara el estímulo con una acción del arma o bien que la realizara con un desplazamiento. La realización de un desplazamiento adelante por parte del maestro tenía el inconveniente de la dificultad de estandarizar la longitud y la velocidad del desplazamiento. Dos cuestiones que influían en el momento del tocado y por tanto en el tiempo de ejecución. Estos motivos impulsaron que fuera una acción del arma del maestro el estímulo.

Se concluyó que el inicio del test sería por medio de un embite del maestro y el blanco sería el pecho del maestro. Un embite es una acción de esgrima que consiste en abrir una línea¹ para que se realice un golpe recto. En este caso el embite consistía en que el maestro estando en guardia de 6ª (punta arriba y afuera) bajara la punta hasta situarse en guardia de 8ª (punta abajo y afuera).

Con todo lo anterior el test quedó definido:

Tanto el tirador como el maestro se situaban en las posiciones marcadas por las líneas pintadas en el suelo, en posición de guardia de 6ª y el aparataje, tal y como se ve en la Figura 3.4. izquierda.

El tirador ante el embite de 8ª del maestro realizará un fondo a tocar en el pecho del maestro, con lo que el test finalizaba. La posición final del test se puede ver en la Figura 3.4. derecha.

Figura 3.4: Posiciones inicial (izquierda) y final (derecha) del test

Se colocará una barrera de laser debajo de la hoja del maestro para que al realizar el embite (bajar la hoja) ponga en marcha el sistema y otra barrera se situará delante de la cazoleta del tirador para medir el inicio del movimiento y por tanto el tiempo de reacción. Por último se conectará la punta con el sistema DSD Laser System para medir el tiempo de ejecución.

¹ **LINEA DE ESGRIMA:** Corresponde al espacio entre la hoja y el blanco válido propio. Una línea está abierta cuando mediante un golpe clásico se puede tocar al adversario. Por el contrario, una línea está cerrada cuando no se puede tocar al adversario mediante un golpe clásico.

3.3.3.2.- Estandarización del test

A continuación se definen las distintas variables que hemos estandarizado para que los datos pudieran ser comparados.

3.3.3.2.1.- Distancia entre tirador y blanco

La primera decisión a tomar fue la distancia a la que se debían colocar el tirador y el maestro. La medida de dicha distancia debía realizarse desde el pie de atrás del tirador al blanco. Durante la realización del fondo el pie de atrás tiene que permanecer fijo en el suelo, por tanto la distancia que alcanza un tirador con su fondo está determinada por la posición del pie de atrás, y debe ser por tanto esta posición la que se estandarice.

Para determinar esta distancia se eligió, de entre los tiradores que tenían una buena posición de guardia y realizaban un buen fondo, a los dos tiradores más bajos, para medir sus fondos.

La medida más corta de fondo era 2,55 m medidos desde el pie de atrás a la punta de la espada. Como es necesario que haya flexión de la hoja para que se produzca el tocado y que el tirador tenga sensación de tocado y no fuerce el fondo se estableció en 2,50 m la distancia desde el pie de atrás al blanco. Esta medida permitía tener la completa seguridad de que todos los tiradores que realizaran el test llegarían al blanco con la punta.

Se comprobó que dicha medida servía para los tiradores más altos y no era tan corta que les impedía realizar un fondo.

Para determinar la posición inicial del maestro se comprobó que la distancia entre el blanco (pecho) y la punta del pie de adelante era de 20 cm y por tanto la distancia entre líneas tenía que ser 230 cm, tal y como se muestra en la Figura 3.5.

Figura 3.5: Distancia entre líneas y posición de los pies de tirador (izda.) y maestro (dcha.)

3.3.3.2.2.- Distancia a la primera barrera

Para medir el tiempo de reacción se determinó colocar una barrera de laser inmediatamente delante de la cazoleta del tirador. De esta forma se mide el tiempo

desde el inicio del test hasta justo el momento en que comienza el movimiento del fondo, que siempre se inicia estirando el brazo armado.

Para determinar la distancia a la que se iba a colocar la barrera se midió la distancia desde el pie de atrás al punto por donde sale la hoja de la cazoleta. Se midió al tirador de más altura y de menos altura, se midió con una guardia recogida y con una extendida. La medida de la guardia del tirador más pequeño era de 85 cm y llegaba a 113 cm con el brazo extendido. Mientras para el tirador más grande era de 95cm, pudiendo mantener una guardia forzada con una distancia de 80 cm.

Se comprobó después de varias pruebas que la medida de longitud no planteaba ningún problema pues los tiradores se acomodaban a la misma con facilidad. En esgrima hay muchas situaciones tácticas, durante los asaltos, en que se cambia la distancia de la guardia de brazo, flexionando más o menos el codo, por tanto todos los tiradores eran capaces de situar la cazoleta cerca de la barrera.

De las medidas tomadas se determinó que la distancia de esta barrera nunca debía ser menor de 90 cm, ni mayor de 100 cm. Se decidió situar la barrera a 95 cm de la línea sobre la que el tirador se pone en guardia, como aparece en la Figura 3.6. Esta distancia permitía a todos los tiradores realizar el test partiendo de posición de guardia. Esto hace que en todos los casos la cazoleta sea lo primero que se mueve.

Figura 3.6: Situación de la barrera de láser que corta el tirador con su cazoleta

3.3.3.2.3.- Altura de la primera barrera

Se pretendía fijar un valor único para la altura de la barrera para facilitar la estandarización de los test, así como la realización rápida de los mismos. Sin embargo no fue posible. Se midió al tirador de más y de menos altura y teniendo en cuenta el diámetro de la cazoleta que permitía jugar a cada tirador con un margen de 13cm se decidió situar la barrera a 110 cm del suelo.

Al iniciar las pruebas surgieron los primeros problemas. Los tiradores no están acostumbrados a variar la altura de la cazoleta en la guardia y eso hacía que al haber buscado una única altura para todos y haberla fijado intermedia dicha altura fuera alta para unos y baja para otros lo que hacía que en múltiples ocasiones al realizar el fondo aun estando la cazoleta junto a la barrera de láser las cazoletas no cortasen dicha barrera.

Como cada tirador iba a ser comparado consigo mismo, se decidió variar la altura de dicha barrera en función de cada tirador. Para ello se eligieron varias alturas y cada tirador realizaba el test en aquella con la que estaba más cómodo. Esto enlentecía la realización de los test porque había que subir y bajar la primera barrera de láser manipulando los dos trípodes sobre los que se asentaba el sistema.

Se comprobó que la primera barrera de láser era cortada en múltiples ocasiones por los tiradores, no sólo con la cazoleta, sino posteriormente con el cuerpo con lo que se anulaba el tocado realizado con la punta. Esto obligó a sustituir la barrera de láser por otro periférico que no fuera interferido por el cuerpo del tirador.

El sistema de registro de tocados en esgrima utiliza tres cables: dos van a la punta para cerrar el circuito y registrar el tocado, el tercero recoge lo que se denomina la masa en esgrima. Todas las partes metálicas de la espada (cazoleta, hoja, puño) están unidas entre sí y a su vez unidas a este tercer hilo. Cuando el tirador A da un tocado en la cazoleta del tirador B, el sistema registra que por el lado del tirador A se ha cerrado el sistema, pero también registra el cierre del sistema por el lado del tirador B a través del tercer hilo que está en contacto con la cazoleta. Al cerrar estos dos circuitos el aparato no registra el tocado y el asalto no se interrumpe.

Este tercer hilo denominado masa en esgrima, le hemos utilizado para hacer un circuito formado: por un lado por la cazoleta y por otro por una varilla metálica colocada delante de la cazoleta del tirador. De tal forma que cuando el tirador tocaba con su cazoleta en dicha varilla el circuito se cerraba y el sistema registraba el corte y por tanto el tiempo de reacción.

El periférico permite que la varilla gire fácilmente cuando se golpea por el tirador con la cazoleta, para no interferir en la realización del fondo. Además debía ser fácil subir y bajar la altura para de dicha varilla para adaptarla a la altura de cada tirador.

Se instaló sobre un pie de micrófono una rueda que giraba en el plano horizontal fácilmente y a la que se taladró para incrustar la varilla. Para que todos los test se iniciaran desde el mismo punto se colocó un tope que sirve de punto de inicio.

Este periférico facilita el cambio de altura de la barrera pues es muy rápido ya que además, en dicho pie, se han pintado las distintas alturas (95, 100, 105cm). Es más sencillo situar la cazoleta ya que está en contacto con la varilla.

3.3.3.2.4.- Distancia a la barrera del maestro

Otra de las medidas que había que estandarizar era la distancia a la que se iba a colocar la barrera que diera comienzo al test, la barrera que el maestro, al hacer el embite, corta con la hoja de su espada.

Al tratar de determinar la distancia se comprobó que la distancia y la altura estaban directamente relacionadas, pues la hoja del maestro en guardia de 6ª está inclinada con lo que a cada distancia corresponde una altura distinta.

Para situar dicha barrera se tuvo en cuenta que los tiradores más altos no debían cortarla con la cabeza al finalizar el fondo. Por ello se eligió a los dos tiradores más altos y se determinó la parábola que describía la parte superior de la cabeza durante el fondo para tocar en el blanco determinado.

Una vez determinada esta zona se procedió a medir la guardia del maestro para situar la barrera en un punto que no fuera cortado por el tirador y que fuera una guardia natural.

Una vez cruzada la zona que quedaba libre, con la hoja del maestro en guardia de 6ª se colocó la barrera a 160 cm de la línea del alumno y a una altura de 155 cm.

La colocación del material empleado se puede apreciar en la Figura 3.6 y todas las medidas y alturas se muestran en la Figura 3.7.

Figura 3.7: Posición inicial del test con las medidas

3.3.3.3.- Validación del protocolo de medición

Dado que la acción a medir es una acción explosiva que se realiza espaciadamente en esgrima y que necesitábamos un número estadísticamente significativo, se decidió realizar 3 pruebas por test.

Después de la estandarización y para constatar que los datos obtenidos con el test no ofrecían error se realizó otro estudio para validar del protocolo de medición planteado (Redondo, Alonso, Sedano y De Benito 2013). Así se empleó una muestra de 6 tiradores experimentados, 3 varones y 3 mujeres, (edad media $19,6 \pm 4,2$ años; peso $70,6 \pm 8,4$ kg; talla $174,6 \pm 6,7$ cm y experiencia en esgrima $7,4 \pm 3,2$ años). Estos tiradores participaron de manera voluntaria en el estudio y fueron previamente informados de los objetivos y métodos del mismo, aprobados por el Comité de Ética de la Universidad de León, prestando su consentimiento por escrito antes de llevar a cabo el estudio. Cada tirador realizó en total 4 tocos de forma alterna, de manera que entre acción y acción se asegurase un descanso de 90 segundos.

3.3.3.3.1- Instrumentos

Para la recogida de los datos del test se utilizaron de forma simultánea (Figura 3.8) un sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System, León, España) y un sistema de captura de movimiento (Vicon Peak, Oxford, UK).

Figura 3.8: Sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System, León, España) y sistema VICON de análisis 3D

Y el sistema de captura de movimiento, VICON MX13, con 7 cámaras grabando a 100 fotogramas por segundo colocadas alrededor del tirador. En cada tirador (TIR_1), se colocaron 35 marcadores reflectantes de 12,5 mm, según el modelo Plug-In Gait (Plug-In Gate Market Set, Vicon Peak, Oxford, UK). Tanto el arma del tirador (ESP_1), como la del maestro (ESP_2) se configuraron como un cuerpo flexible con tres marcadores reflectantes de 8 mm (Figura 3.9) y el pecho del maestro (TAR_1) como un plano rígido determinado por 4 marcadores reflectantes de 12,5 mm. Las coordenadas tridimensionales de todos marcadores se reconstruyeron con el software Vicon Nexus (Nexus 1.8.3, Vicon, Oxford, UK).

Figura 3.9: Plantilla de análisis del sistema VICON de análisis 3D, para cuerpo y arma del tirador y el arma y el pecho del maestro.

3.3.3.3.2.- Procedimiento

Para la realización de la pruebas se exigió a los tiradores que utilizarasen la vestimenta específica de esgrima.

Antes de iniciar las mediciones, los tiradores llevaron a cabo un calentamiento estandarizado, dirigido por un Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte que incluía: ejercicios de coordinación dinámica general, ejercicios de movilidad articular, estiramientos y fondos por parejas. Al efectuar las mediciones se solicitó a los tiradores que realizasen los tocados a distintas velocidades, comenzando a baja velocidad y aumentando la intensidad de la acción de manera progresiva hasta alcanzar el máximo individual.

En el sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (Figura 3.9), según el protocolo establecido, la acción del maestro pone en marcha el sistema cortando la barrera laser (periférico “A”). Así, el tiempo de reacción medido con las fotocélulas (TRF) será el transcurrido desde la acción del maestro hasta que el tirador toca la varilla metálica (periférico “B”). Siendo tiempo de movimiento medido con las fotocélulas (TMF) el que va desde que se gira la varilla metálica hasta que la punta del arma (periférico “C”) toca el pecho del maestro.

Y en el sistema VICON (Figura 5), el tiempo de reacción (TRV) será el transcurrido desde que la punta del arma del maestro (ESP_2A) inicia el movimiento (M0) hasta que lo hace la espada del alumno (M1, centrándonos en ESP_1A). Siendo el tiempo de movimiento (TMV) el que media entre el inicio del movimiento de ESP_1A (M1) y la coincidencia en el espacio (M2) entre la punta del arma del alumno (ESP_1C) el plano determinado por el pecho del maestro (TAR_1). Significando que estos tiempos se obtienen a través la variable “distancia desde el origen” que permite exportar el software Vicon Nexus, de cada uno de los marcadores antes mencionados.

3.3.5.- Variables estudiadas

A continuación se enumeran las variables estudiadas, distinguiendo entre dependientes e independientes:

- Variables independientes: Aquí se incluye el grupo al que pertenecen los tiradores evaluados: GC y GE.
- Variables dependientes:
 - Variables antropométricas:
 - Masa corporal.
 - Talla.
 - Composición corporal.
 - Somatotipo.
 - Variables de fuerza explosiva :
 - Altura de salto en CMJ.

- Altura de salto en SJ.
- Fuerza máxima de: press banca horizontal, media sentadilla, extensión gemelos de pie.
- Variables de TTR:
 - TR.
 - TM.

3.3.6.- Estudio de la evolución del TTR en competición simulada

La investigación se desarrolló durante competiciones simuladas. Durante la competición de entrenamiento del Dismevea Valladolid Club de Esgrima, que celebran todos los jueves, se realizó el test de tiempo de movimiento y tiempo de reacción específico de esgrima.

Los tiradores participantes en el estudio realizaban un calentamiento estándar, dirigido por un licenciado en Educación Física y Maestro de esgrima, consistente en:

- 4 minutos de carrera con ejercicios de movilidad articular intercalados.
- 3 minutos de estiramientos dirigidos, centrados especialmente en la musculatura de piernas.
- 5 minutos de desplazamientos específicos de esgrima.

Al terminar dicho calentamiento, todos los participantes en el estudio realizaban el test de tiempo de reacción y tiempo de movimiento específico de esgrima y definido anteriormente.

Justo al terminar la vuelta de poule cada tirador realizaba de nuevo el test. Cada vez que terminaban un asalto de eliminación directa volvían a repetir el test. Así hasta que quedaban eliminados. De tal forma que cada tirador, y cada día, realizaba al menos tres tests. El primero después del calentamiento, el segundo al terminar la vuelta de poules y el tercero al terminar el primer cruce de eliminación directa.

En cada test se realizaban tres tomas. Los test se efectuaban inmediatamente después de terminar el calentamiento, inmediatamente después de terminar su último salto de poule, e inmediatamente después de terminar cada asalto de eliminación directa.

Con todos los datos obtenidos en las distintas competiciones se pretende conocer a evolución del tiempo de movimiento, del tiempo de reacción y del TTR a lo largo de una competición de esgrima.

3.3.7.- Características generales del programa de entrenamiento de la fuerza

Una vez obtenidos los datos iniciales necesarios para realizar un estudio descriptivo de las características antropométricas y físico-técnicas de los tiradores, se inició el entrenamiento de la fuerza.

Se llevó a cabo una intervención directa en el proceso de entrenamiento durante doce semanas. Para ello, como ya se ha explicado, se contó con la participación voluntaria de los 12 tiradores que aportaron su consentimiento informado (documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio III, Anexo 6). Todos rellenaron la hoja de registro de datos personales y deportivos II (Anexo 7). A continuación se procedió a dividir aleatoriamente a los tiradores en dos grupos el GE, que realizaron su programa normal de entrenamiento de esgrima además del programa específico de entrenamiento de la fuerza y el GC que realizó su programa normal de entrenamiento de esgrima.

La investigación se llevó a cabo durante el periodo competitivo.

A los tiradores se les dividió aleatoriamente en dos grupos. Los dos grupos realizaron durante el periodo del estudio el siguiente entrenamiento específico de esgrima, Tabla 3.2:

- Lunes y miércoles: Los tiradores realizaban durante 10 minutos desplazamientos específicos de esgrima; 60 minutos de ejercicios por parejas con ejercicios tácticos, en los que tiraban con condiciones previamente pactadas (obligación o prohibición de realizar, para atacar, contraatacar o defenderse, determinadas acciones realizadas a intensidad de competición); 30 minutos de asaltos a 5 y 15 toques, sin condiciones; 30 minutos de entrenamiento individual (entrenamiento técnico-táctico del tirador con el maestro, intensidad máxima y densidad variable en función de la proximidad de la competición); 15 minutos de flexibilidad enfocados a las extremidades inferiores.
- Martes: Sesión de entrenamiento individual de 30 minutos de duración y 15 minutos de flexibilidad enfocados a las extremidades inferiores.
- Jueves: Entrenamiento individual de 30 minutos de duración y 120 minutos de competición simulada. No había eliminados, se tiraban todos los puestos y 15 minutos de flexibilidad enfocados a las extremidades inferiores.
- Viernes: Sesión de entrenamiento individual de 30 minutos de duración y 15 minutos de flexibilidad enfocados a las extremidades inferiores.
- Sábados: Si no había competición oficial, se realizaba una competición simulada, con las mismas características del jueves y 15 minutos de flexibilidad enfocados a las extremidades inferiores..
- Domingo: Competición o descanso.

Tabla 3.2: Régimen del programa común de entrenamiento del GE y GC durante el estudio.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
10 min Desplazamientos 60 min Entrenamiento parejas 30 min Asaltos 30 min Entrenamiento individual 15 min Flexibilidad	30 min Entrenamiento individual 15 min Flexibilidad	10 min Desplazamientos 60 min Entrenamiento parejas 30 min Asaltos 30 min Entrenamiento individual 15 min Flexibilidad	30 min Entrenamiento individual 120 min Competición simulada 15 min Flexibilidad	30 min Entrenamiento individual 15 min Flexibilidad	120 min Competición simulada 15 min Flexibilidad	Descanso

GE: Además de realizar el entrenamiento anteriormente reseñado, este grupo de trabajo llevó a cabo un programa específico (Tabla 3.3) de desarrollo de la fuerza de doce semanas de duración, dividido en dos fases (fuerza máxima y fuerza explosiva) , Tabla 3.3:

- *Entrenamiento de la fuerza máxima (6 semanas).* Los deportistas del GE hicieron el mismo entrenamiento que el GC, excepto los martes y jueves que realizaban un entrenamiento de fuerza máxima en sustitución de lo explicado previamente. En este entrenamiento se realizaban dos ejercicios de las extremidades inferiores (extensión de gemelos y sentadilla con barra) y un ejercicio de las extremidades superiores (press banca horizontal con barra), realizados en tres series de 6 repeticiones cada una al 75% de la carga máxima con tres minutos de descanso entre cada serie. El orden de ejecución en la rutina de entrenamiento de fuerza máxima fue extensión de gemelos, press banca horizontal y sentadilla.
- *Entrenamiento de la fuerza explosiva.* Durante las 6 semanas posteriores al trabajo de fuerza máxima el GE siguió haciendo el mismo entrenamiento que el GC a excepción de los martes y jueves, que en esta ocasión al trabajo normal ya explicado, añadieron el entrenamiento combinado de pesas y pliometría realizados en el mismo orden que el entrenamiento anterior. Los ejercicios se realizaron en tres series de tres repeticiones al 70% de la carga máxima, realizados de forma explosiva. Cada ejercicio se combinó con un ejercicio pliométrico reproduciendo el ciclo estiramiento acortamiento de los músculos de forma similar al de las acciones de esgrima y entre cada serie descansaron 3 minutos.

Tabla 3.3: Régimen del programa de entrenamiento de la fuerza.

Entrenamiento Fuerza Máxima	
<i>Ejercicios</i>	<i>Series/repeticiones/carga/recuperación entre series</i>
Gemelos	3 series x 6 repeticiones x 75% / 3 minutos
Press banca horizontal	3 series x 6 repeticiones x 75% / 3 minutos
Media sentadilla	3 series x 6 repeticiones x 75% / 3 minutos
Entrenamiento Fuerza Explosiva	
<i>Ejercicios combinados</i>	<i>Series/repeticiones/carga/recuperación entre series</i>
Gemelos + Saltos verticales piernas estiradas	3 series x (3 reps x 70% + 6 reps)/ 3 minutos
Press banca horizontal + reps solo con barra	3 series x (3 reps x 70% + 6 reps)/ 3 minutos
Media sentadilla + saltos verticales partiendo flex. pnas.	3 series x (3 reps x 70% + 6 reps)/ 3 minutos

Una vez terminada la segunda fase los dos grupos volvieron a realizar exactamente el mismo entrenamiento hasta la T4.

Este programa de entrenamiento se desarrolló atendiendo a los siguientes criterios:

- Tiempo de recuperación necesario entre sesiones
- Situación de las competiciones, para permitir recuperaciones
- Días habituales de entrenamiento

Siguiendo los criterios anteriormente reseñados, se fijaron como días de entrenamiento los lunes y miércoles, excepto las semanas en que el domingo se competía, en cuyo caso los entrenamientos de la semana siguiente se realizaban los martes y jueves.

3.3.8.- Controles efectuados

Situación de los controles en el tiempo:

- Test nº 1 (T1): Toma de datos efectuada la semana anterior al inicio del programa de entrenamiento con el objetivo de establecer el nivel inicial (línea base) del cual partían tanto los componentes del GC como los del GE.
- Test nº 2 (T2): Toma de datos efectuada después de la sexta semana de entrenamiento con el objetivo de conocer el efecto del programa de fuerza máxima tras haber completado la primera parte del mismo.
- Test nº 3 (T3): Toma de datos efectuada la semana 12 tras la finalización del programa de entrenamiento de fuerza explosiva con el objetivo de conocer los efectos del mismo una vez completado.

- Test nº 4 (T4): Toma de datos efectuada 4 semanas después de la finalización del programa de entrenamiento de fuerza para conocer la retención de los efectos conseguidos. Hay que tener en cuenta que los tiradores, tanto de un grupo como del otro continuaron con su entrenamiento habitual.

3.3.9.- Tratamiento estadístico de los datos

Para la validación del protocolo de medición del tiempo de reacción y tiempo de movimiento, se analizaron para los parámetros descriptivos la media y la desviación estándar ($\text{Media} \pm \text{DS}$) correspondientes a las distintas variables. La validez del protocolo se realizó comparando las mediciones, tomadas con el sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System) y las recogidas con sistema de captura de movimiento (sistema Vicon), a través del análisis de la varianza (ANOVA) con medidas repetidas y para cuantificar la concordancia entre las diferentes mediciones se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC). Se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para comprobar la distribución normal de las variables analizadas en el estudio y la magnitud del efecto se estimó con el coeficiente de Cohen (ES) (Thomas, Lochbaum, Landers y He, 1997).

Para estudiar las diferencias entre los programas de entrenamiento, en primer lugar se determinó la normalidad de la distribución de la muestra empleando para ello la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov para una muestra que nos permitiera afirmar que nuestras observaciones tenían una distribución normal. Y para descartar la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos en las distintas variables antes de iniciar la intervención en el proceso de entrenamiento (T1), se efectuó una prueba t para muestras independientes, asumiendo un intervalo de confianza del 95%, de manera que las diferencias eran significativas cuando $p < 0,05$.

Por otro lado, se calcularon los estadísticos descriptivos de las diferentes variables analizadas, para cada uno de los grupos y para cada una de las pruebas efectuadas (T1, T2, T3, y P4). En las tablas aparecen reflejados la media $\pm$ la desviación estándar.

Para analizar los efectos del entrenamiento y determinar por tanto la existencia de diferencias significativas entre GC y GE y la evolución en el tiempo de las distintas variables analizadas se utilizó el análisis de varianza de dos factores (ANOVA) con medidas repetidas (grupo x tiempo). El factor intersujetos era el grupo y el factor intrasujetos el tiempo. Se tomó como estadístico de referencia la Lambda de Wilks, que permitía poner a prueba la hipótesis nula referida al efecto del factor tiempo. Cuando $p < 0,05$ se rechazaba la hipótesis nula de igualdad de medias, constatando la existencia de diferencias significativas en la evolución en el tiempo de las variables entre ambos grupos, efectuando en tal caso las pruebas post-hoc de Scheffe con el objetivo de localizarlas en el tiempo. Tanto los niveles críticos como el intervalo de confianza fueron ajustados a través de la corrección de Bonferroni. Dicho ajuste

permitió controlar la tasa de error dividiendo el nivel de significación entre el número de comparaciones llevadas a cabo. Además, para cuantificar la concordancia entre las variables se utilizó el coeficiente de correlación intraclase (ICC).

De nuevo, se asumió un intervalo de confianza del 95%, de manera que las diferencias eran estadísticamente significativas cuando $p < 0,05$.

4- RESULTADOS

4.1.- RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL PROTOCOLO DE MEDICIÓN DEL TR Y TM

En el sistema Vicon (Figura 4.1), el tiempo de reacción (TR) será el transcurrido desde que la punta del arma del maestro (ESP_2A) inicia el movimiento (M0) hasta que lo hace la espada del alumno (M1, centrándonos en ESP_1A). Siendo el tiempo de movimiento (TM) el que medía entre el inicio del movimiento de ESP_1A (M1) y la coincidencia en el espacio (M2) entre la punta del arma del alumno (ESP_1C) y el plano determinado por el pecho del maestro (TAR_1). Significando que estos tiempos se obtienen a través la variable “distancia desde el origen” que permite exportar el software Vicon Nexus, de cada uno de los marcadores antes mencionados.

Figura 4.1: Representación gráfica de la distancia desde el origen (mm) en el tiempo (ms) de los marcadores ESP_1A, ESP_1C, ESP_2A y TAR_1, captados con sistema Vicon de análisis 3D a 100 Hz.

Para cada una de las variables estudiadas el p-valor de la prueba de K-S fue superior a 0,05, por lo que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal de la muestra. Como se observa en la Tabla 4.1, el sistema utilizado no influyó ni en la medición del tiempo de reacción ($F=0,007$ y $p>0,001$), ni del tiempo de movimiento ($F=2,620$ y $p>0,001$), ni en la concordancia (ICC) de los tiempos 0,997 (TR) y 0,988 (TM) lo cual, asociado al valor del ES (0,000 y 0,102, respectivamente) nos indica que el grado de relación entre ambos sistema de medición es muy elevado. Es decir, la información recogida en cuanto a tiempo de reacción y tiempo de movimiento por el sistema telemétrico de cronometraje con fotocélulas láser (DSD Laser System),

empleado en nuestro protocolo, es tan válida como la recogida por el sistema de captura de movimiento (Vicon).

Tabla 4.1: Tiempo medio, coeficiente de variación (ICC) y ANOVA del TR y TM en función del sistema de medición utilizado (fotocélulas laser y sistema Vicon).

Variable	Grupo	Z de K-S	Media $\pm$ DS	F	ICC	ES
TR (sg)	TRF	0,770	0,288 $\pm$ 0,108	0,007	0,987	0,000
	TRV	0,958	0,289 $\pm$ 0,108			
TM (sg)	TMF	0,466	0,338 $\pm$ 0,105	2,620	0,988	0,102
	TMV	0,752	0,345 $\pm$ 0,106			

4.2.- RESULTADOS DEL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DEL TR Y TM EN COMPETICIÓN SIMULADA.

En la Tabla 4.2 se observan los estadístico descriptivos del tiempo de reacción en cada una de las etapas de la competición simulada (TR1, TR2, TR3 y TR4) y en la Tabla 4.3 se expresan los valores de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon la cual, reveló que no existe ninguna diferencia entre los tiempos de reacción de cada una de las etapas estudiadas.

Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos TR en las distintas fases competitivas. Tiempo en segundos.

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
TR1	72	0,266	0,116	0,06	0,70
TR2	69	0,259	0,102	0,07	0,52
TR3	52	0,277	0,187	0,11	0,68
TR4	30	0,269	0,125	0,08	0,50
TR5	12	0,251	0,063	0,16	0,36

Tabla 4.3: Estadísticos de contraste TR en las distintas fases competitivas.

	Z	Sig. asintót. (bilateral)
T1	TR2 - TR1 -0,084(a)	0,933
	TR3 - TR1 -1,275(a)	0,202
	TR4 - TR1 -1,203(a)	0,229
	TR5 - TR1 -1,452(b)	0,146
T2	TR3 - TR2 -0,731(a)	0,465
	TR4 - TR2 0,000(c)	1,000
	TR5 - TR2 0,000(c)	1,000
T3	TR4 - TR3 -1,502(b)	0,133
	TR5 - TR3 -1,530(b)	0,126
T4	TR5 - TR4 -1,362(b)	0,173

Así mismo, en lo relativo a tiempo de movimiento, en la Tabla 4.4 se reflejan los estadísticos descriptivos de esta variable también relativos a los cuatro momentos de la medición (TM1, TM2, TM3 y TM4). En la Tabla 4.5, los datos de la prueba no paramétrica, la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, nos muestra que sólo existen diferencias significativas entre TM1-TM2 ($p=0,000$) y TM1-TM3 ($p=0,000$)

Tabla 4.4: Estadísticos descriptivos TM en las distintas fases competitivas. Tiempo en segundos

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
TM1	72	0,252	0,064	0,15	0,49
TM2	69	0,226	0,059	0,08	0,32
TM3	52	0,229	0,058	0,09	0,35
TM4	30	0,209	0,067	0,09	0,33
TM5	12	0,221	0,051	0,15	0,30

Tabla 4.5: Estadísticos de contrastes TM en las distintas fases competitivas.

	Z	Sig. asintót. (bilateral)
T1	TM2 - TM1 -3,532(a)	0,000
	TM3 - TM1 -3,507(a)	0,000
	TM4 - TM1 -1,851(a)	0,064
	TM5 - TM1 -1,020(a)	0,308
T2	TM3 - TM2 -1,116(a)	0,265
	TM4 - TM2 -1,130(a)	0,258
	TM5 - TM2 -0,863(a)	0,388
T3	TM4 - TM3 -0,829(a)	0,407
	TM5 - TM3 -1,020(b)	0,308
T4	TM5 - TM4 -0,561(b)	0,575

En la Figura 4.2 se puede apreciar la evolución del tiempo de movimiento en competición simulada y las diferencias significativas entre TM1-TM2 y TM1-TM3.

Figura 4.2: Evolución del TM del fondo en competición simulada. Tiempo en segundos

Los resultados de esta parte del estudio fueron los que nos llevaron a descartar la hipótesis inicial sobre la posible influencia de la competición en el tiempo de reacción y tiempo de movimiento y centrar la investigación en la influencia de un programa de entrenamiento de fuerza, para mejorar el tiempo de movimiento. Hemos visto que hay diferencias significativas después de la prueba y después del primer cruce de eliminación directa. Después de este momento ya no hay diferencias significativas, por tanto si partimos de un nivel de tiempo de movimiento en fondo más bajo, afrontaremos la competición en mejores condiciones.

A continuación se detallan los resultados obtenidos en el estudio de los efectos del programa de entrenamiento de fuerza en el tiempo de reacción y tiempo de movimiento, tal y como se muestra en el siguiente esquema:

- Resultados de la prueba de normalidad.
- Resultados descriptivos de las variables estudiadas.
- Análisis comparativo de la influencia del entrenamiento en ambos grupos.

4.3.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD

En la Tabla 4.6 se muestra el p-valor obtenido en cada variable analizada distinguiendo entre GC y GE. En todos los casos dicho valor es superior a 0,05 por lo que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal de la muestra.

Tabla 4.6: Resultados de la prueba Z de K-S en las variables analizadas en cada una de las pruebas del estudio.

Variable	Z de K-S (P1)	Z de K-S (P2)	Z de K-S (P3)	Z de K-S (P4)
GC (N= 6)				
Variables antropométricas				
Talla	0,755	0,755	0,755	0,755
Peso	0,820	0,905	0,928	0,950
Masa ósea %	0,280	0,119	0,760	0,881
Masa grasa %	0,966	0,242	0,358	0,982
Masa muscular %	0,323	0,349	0,971	0,954
Variables de fuerza explosiva				
Altura SJ	0,989	0,914	0,698	0,382
Altura CMJ	0,921	0,879	0,920	0,575
Variables de tiempo de respuesta				
Tiempo de reacción	0,950	0,976	0,995	0,954
Tiempo de movimiento	0,987	0,997	0,998	0,995

Tabla 4.6: Resultados de la prueba Z de K-S en las variables analizadas en cada una de las pruebas del estudio. (continuación)

Variable	Z de K-S (P1)	Z de K-S (P2)	Z de K-S (P3)	Z de K-S (P4)
GE (N=6)				
Variables antropométricas				
Talla	0,808	0,808	0,808	0,808
Peso	0,865	0,851	0,807	0,883
Masa ósea %	0,879	0,941	0,938	0,869
Masa grasa %	0,421	0,987	0,924	0,891
Masa muscular %	0,996	0,999	0,974	0,663
Variables de fuerza explosiva				
Altura SJ	1	0,925	0,937	0,658
Altura CMJ	0,957	0,655	0,974	0,997
Variables de tiempo de respuesta				
Tiempo de reacción	0,828	0,465	0,675	0,921
Tiempo de movimiento	0,814	0,669	0,943	0,886

Tabla 4.7: Resultados obtenidos del cálculo del CCI para las variables dependientes.

	CCI
Peso corporal (kg)	0,982
Porcentaje graso	0,930
Porcentaje muscular	0,966
SJ (cm)	0,945
CMJ (cm)	0,965
1-RM Press banca horizontal (kg)	0,998
1-RM Sentadilla piernas (kg)	0,992
1-RM extensión de gemelos (kg)	0,907
SJ=squat jump; CMJ=counter movement jump	

4.4.- RESULTADOS DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

4.4.1.- Resultados obtenidos en las variables antropométricas

En la Tabla 4.8, se muestran los resultados obtenidos para la masa corporal en los cuatro momentos en que se realizaron las mediciones (T1, T2, T3, T4), tanto para el GC, como para el GE.

Tabla 4.8: Resultados obtenidos en variables antropométricas.

Media $\pm$ SD.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4
GC (N=6)				
Masa Corporal (Kg)	70,43 $\pm$ 10,49	71,500 $\pm$ 10,007	71,750 $\pm$ 10,034	72,400 $\pm$ 9,772
% Masa Grasa	14,12 $\pm$ 2,615	14,136 $\pm$ 2,616	14,118 $\pm$ 2,789	14,180 $\pm$ 2,639
% Masa Muscular	42,25 $\pm$ 3,97	42,494 $\pm$ 3,835	42,526 $\pm$ 3,872	42,608 $\pm$ 3,758
GE (N=6)				
Masa Corporal (Kg)	77,13 $\pm$ 10,20	75,950 $\pm$ 8,746	75,267 $\pm$ 9,698	74,700 $\pm$ 8,756
% Masa Grasa	13,89 $\pm$ 2,54	13,715 $\pm$ 2,393	13,458 $\pm$ 2,420	13,625 $\pm$ 2,478
% Masa Muscular	42,46 $\pm$ 2,57	42,480 $\pm$ 2,387	42,561 $\pm$ 2,630	42,251 $\pm$ 2,458

Como se puede observar en la Tabla 4.8 y en la Figura 4.3, la masa corporal del GC aumenta muy ligeramente entre la primera y la última toma, apenas 2 kg, lo que representa el 2,7% de la masa corporal. En el caso del GE, por el contrario se produce un ligero descenso de 2,5 Kg, lo que representa el 3,2% de la masa corporal.

Figura 4.3: Evolución de la Masa Corporal en el GE y en el GC.

Media $\pm$ SD.

En el caso del porcentaje de la masa grasa, como se puede observar en la Figura 4.4, prácticamente se mantiene constante a lo largo de todo el proceso, tanto en el GE como en el GC. En el caso del GE hay una ligerísima tendencia a disminuir en las tres primeras tomas y hay un, casi inapreciable, cambio de pendiente entre la

tercera y la cuarta toma. En el caso del GC se van alternando los tenues aumentos y descensos dentro de la estabilidad.

Figura 4.4: Evolución de la Masa Grasa en el GE y en el GC.

En la Figura 4.5 se muestra la evolución del porcentaje de masa muscular. En este caso tanto en el GC, como en el GE se va produciendo un aumento en la masa muscular. Esta tendencia se rompe en el caso del GE en el que entre la tercera y la cuarta toma, cuando ya no se realiza el trabajo específico de fuerza, se produce una ligera disminución,

Figura 4.5: Evolución de la Masa Muscular en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

4.4.2.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza máxima

En la Tabla 4.9, se muestran los resultados obtenidos para las variables de fuerza máxima en los cuatro momentos en que se realizaron las mediciones (T1, T2, T3, T4), tanto para el GC, como para el GE.

RESULTADOS

Tabla 4.9: Resultados obtenidos en variables del entrenamiento de la fuerza máxima.

Media $\pm$ SD.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4
GC (N=6)				
Pectorales(Kg)	41,93 $\pm$ 11,22	42,03 $\pm$ 11,59	42,02 $\pm$ 11,08	42,37 $\pm$ 10,84
Sentadillas(Kg)	80,27 $\pm$ 25,63	80,07 $\pm$ 25,45	81,12 $\pm$ 25,91	80,60 $\pm$ 25,02
Gemelos(Kg)	89,42 $\pm$ 10,35	90,62 $\pm$ 10,55	91,33 $\pm$ 8,94	90,78 $\pm$ 9,75
GE (N=6)				
Pectorales(Kg)	55,10 $\pm$ 18,33	58,85 $\pm$ 16,66	61,52 $\pm$ 17,89	60,33 $\pm$ 17,24
Sentadillas(Kg)	88,60 $\pm$ 30,74	105,57 $\pm$ 34,37	111,22 $\pm$ 34,75	105,35 $\pm$ 33,02
Gemelos(Kg)	91,43 $\pm$ 9,33	109,60 $\pm$ 8,85	120,13 $\pm$ 10,44	113,70 $\pm$ 8,77

En la Figura 4.6 se muestra la evolución de 1 RM de pectorales en la que se va produciendo un aumento en el GE hasta la T3 y hay un ligero descenso en la T4 mientras en el GC, los valores obtenidos se mantienen prácticamente estables.

Figura 4.6: Evolución de 1 RM Pectorales en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

En la Figura 4.7 se muestra la evolución de 1 RM de sentadillas donde se va produciendo un aumento en el GE en las tres primeras tomas y un cambio de pendiente en la última. En el caso del GC los valores en las cuatro tomas prácticamente no cambian.

Figura 4.7: Evolución de 1 RM Sentadillas en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

En la Figura 4.8 se muestra la evolución de 1 RM de gemelos en la que vemos que se repite la tendencia de las dos variables anteriores, tanto en el GE, como en el GC. En el caso del GE va aumentando en las tres primeras tomas y desciende en la cuarta, mientras en el GC se mantiene estable a lo largo del proceso.

Figura 4.8: Evolución de 1 RM Gemelos en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

4.4.3.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza explosiva

En la Tabla 4.10, se muestran los resultados obtenidos para las variables de fuerza explosiva en los cuatro momentos en que se realizaron las mediciones (T1, T2, T3, T4), tanto para el GC, como para el GE.

Tabla 4.10: Resultados obtenidos en variables de fuerza explosiva.

Media $\pm$ SD.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4
GC (N=6)				
SJ(cm)	31,10 $\pm$ 3,68	30,70 $\pm$ 2,45	33,48 $\pm$ 2,48	33,02 $\pm$ 2,49
CMJ (cm)	32,15 $\pm$ 4,00	32,20 $\pm$ 4,07	31,42 $\pm$ 3,49	31,43 $\pm$ 4,00
GE (N=6)				
SJ(cm)	33,92 $\pm$ 1,83	36,10 $\pm$ 1,55	38,15 $\pm$ 1,60	36,80 $\pm$ 1,50
CMJ (cm)	36,02 $\pm$ 1,84	38,08 $\pm$ 1,46	40,23 $\pm$ 1,97	38,58 $\pm$ 2,28

RESULTADOS

En la Figura 4.9 se muestra la evolución de SJ. En el caso del GE se produce una evolución semejante a lo acontecido en el CMJ, sin embargo en el GC se mantiene estable entre la T1 y T2, aumenta ligeramente en la T3 y desciende ligeramente en la T4.

Figura 4.9: Evolución de SJ en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

En la Figura 4.10 se muestra la evolución de CMJ. En el GE se va produciendo un aumento en las tres primeras tomas y baja en la T4, mientras que en el GC se mantiene casi inalterable.

Figura 4.10: Evolución de CMJ en el GC y en el GE.

Media $\pm$ SD.

4.4.4.- Resultados obtenidos en las variables de TR y TM

En la Tabla 4.11, se muestran los resultados obtenidos para las variables de tiempo de reacción y tiempo de movimiento en los cuatro momentos en que se realizaron las mediciones (T1, T2, T3, T4), tanto para el GC, como para el GE.

Tabla 4.11: Resultados obtenidos en variables de TR y TM.

 Media $\pm$ SD.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4
GC (N=6)				
TM(sg)	0,304 $\pm$ 0,068	0,302 $\pm$ 0,068	0,305 $\pm$ 0,064	0,319 $\pm$ 0,050
TR(sg)	0,414 $\pm$ 0,118	0,381 $\pm$ 0,190	0,345 $\pm$ 0,101	0,345 $\pm$ 0,083
GE (N=6)				
TM(sg)	0,263 $\pm$ 0,049	0,248 $\pm$ 0,032	0,216 $\pm$ 0,025	0,220 $\pm$ 0,027
TR(sg)	0,312 $\pm$ 0,104	0,259 $\pm$ 0,056	0,272 $\pm$ 0,066	0,316 $\pm$ 0,085

En la Figura 4.11 se muestra la evolución del tiempo de movimiento, se puede apreciar en el GE que se produce una disminución entre la T1 y la T3, siendo casi constante entre la T3 y la T4. Sin embargo en el GC permanece casi constante durante todo el proceso.

Figura 4.11: Evolución de TM en el GC y en el GE.

 Media $\pm$ SD.

En la Figura 4.12 se muestra la evolución del tiempo de reacción. En el GC se va produciendo un ligero descenso en las tres primeras tomas y una meseta en la última. Sin embargo en el GE la tendencia de las dos primeras tomas cambia en las dos últimas, produciéndose una gráfica en forma de valle.

Figura 4.12: Evolución de TR en el GC y en el GE.

 Media $\pm$ SD.

4.5.- ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DEL ENTRENAMIENTO EN AMBOS GRUPOS (GC Y GE).

Tal y como se observa en la Tabla 4.12 la prueba t para muestras independientes utilizada para comparar los valores iniciales de las distintas variables no revela la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos en ninguno de los parámetros analizados, de ahí que se pueda señalar que ambos grupos parten de un mismo nivel.

Tabla 4.12: Resultados obtenidos en la prueba t para muestras independientes.

Diferencia significativa: $p < 0.05$

COMPARACIÓN ENTRE GRUPOS: GC - GE .		
	F	P
Peso corporal (kg)	0,053	0,288
Porcentaje graso	1,211	0,193
Porcentaje muscular	2,256	0,657
SJ (cm)	1,838	0,205
CMJ (cm)	2,253	0,164
Tiempo de reacción (sg)	1,950	0,200
Tiempo de movimiento (sg)	1,228	0,300
1-RM Press banca horizontal (kg)	3,403	0,169
1-RM Sentadilla piernas (kg)	0,142	0,621
1-RM extensión de gemelos (kg)	0,016	0,730
SJ=squat jump; CMJ=counter movement jump		

Como ya se señaló previamente, para efectuar el análisis comparativo de la evolución de las distintas variables en ambos grupos a lo largo de la intervención, se utilizó el análisis de varianza de dos factores (grupo x tiempo) con medidas repetidas. Cuando por medio de la Lambda de Wilks se constataba la existencia de diferencias significativas en la evolución de una variable entre grupos, se utilizaron las pruebas post-hoc de Scheffe para localizar dichas diferencias. En la Tabla 4.8 se muestran los resultados obtenidos en dicho análisis comparativo.

Tabla 4.13: Análisis comparativo de la evolución de las distintas variables a lo largo de la intervención del programa de entrenamiento.

Variable	Grupo	Tiempo				Grupo	Tiempo	Grupo x Tiempo	Potencia	ES
		T1	T2	T3	T4					
Masa corporal (kg)	GC	70,43±10,49	71,5±10,01	71,75±10,03	72,4±9,77	0,574	0,272	9,177*	0,106	0,054
	GE	77,13±10,20	75,95±8,75	75,267±9,70	74,700±8,76					
Masa Grasa (%)	GC	14,12±22,66	14,14±2,62	14,12±2,79	14,18±2,64	0,099	0,592	6,515*	0,059	0,010
	GE	13,89±2,54	13,72±2,40	13,46±2,43	13,63±2,48					
Masa muscular (%)	GC	42,25±3,97	42,50±3,84	42,53±3,87	42,61±3,76	0,000	1,392	3,045	0,000	0,050
	GE	42,46±2,57	42,48±2,39	42,56±2,63	42,25±2,46					
1-RM Press banca horizontal (kg)	GC	41,93±11,22	42,03±11,59	42,02±11,08	42,37±10,84	3,239	20,825**	20,350**	0,363	0,265
	GE	55,10±18,33 _a	58,85±16,66 _{a,b}	61,52±17,89 _{a,b}	60,33±17,24 _{a,b}					
1-RM Sentadilla (kg)	GC	80,27±25,63	80,07±25,45	81,12±25,91	80,60±25,02	1,690	29,154**	23,973**	0,218	0,145
	GE	88,60±30,74 _a	105,57±34,37 _a	111,22±34,75 _{a,b}	105,35±33,02 _{a,b}					
1-RM Gemelos (kg)	GC	89,43±10,35	90,62±10,55	91,33±8,94	90,78±9,75	13,283*	18,884**	14,493**	0,906	0,570
	GE	91,43±9,33 _a	109,60±8,85 _{a,b}	120,13±10,44 _{a,b,c}	113,70±8,77 _{a,c}					
SJ (cm)	GC	31,10±3,68	30,70±2,45	33,48±2,48	33,02±2,49	12,854*	20,706**	7,074*	0,897	0,562
	GE	33,92±1,83 _a	36,10±1,55 _b	38,15±1,60 _{a,b,c}	36,80±1,50 _{a,c}					
CMJ (cm)	GC	32,15±3,40	32,20±4,07	31,42±3,49	31,43±4,00	13,888*	7,108*	15,995**	0,918	0,581
	GE	36,02±1,84 _a	38,08±1,46 _a	40,23±1,97 _a	38,58±2,28 _a					
TR (sg)	GC	0,414±0,118	0,381±0,190	0,345±0,101	0,345±0,083	8,567*	0,542	0,393	0,751	0,461
	GE	0,312±0,104	0,259±0,056	0,272±0,066	0,316±0,085					
TM (sg)	GC	0,304±0,068	0,302±0,068	0,305±0,064	0,319±0,050	6,575*	9,964*	10,764*	0,638	0,397
	GE	0,263±0,049 _a	0,248±0,032 _b	0,216±0,025 _{a,b}	0,220±0,027					

*p<0,05; **p<0,00. Los promedios en la misma fila para la misma variable con el mismo subíndice difieren significativamente a p <0,05. Los datos descriptivos de la características antropométricas, fuerza explosiva, TR y TM y fuerza máxima en el grupo control (GC) y en el grupo experimental (GE) en todos los momentos de la toma de datos (media ± SD)

Las letras en sub-índice indican, para una variable, que existen diferencias significativas, en la evolución de la misma entre el GE y el GC. Esta diferencias significativas son entre el primer momento en que aparece una letra y cada uno de los sucesivos momentos en que aparece la misma letra. Estas diferencias no son entre los momentos posteriores en que aparece la misma letra.

4.5.1.- Resultados obtenidos en las variables de antropométricas

En lo que hace referencia a valores antropométricos, ANOVA no revela la existencia de efectos de interacción tiempo x grupo para ninguno de los valores antropométricos, ni para la masa corporal, ni para los porcentajes de masa grasa y de masa muscular.

ANOVA no reveló la existencia de efectos interacción tiempo x grupo para la masa corporal. Sin embargo tanto GE, como GC varió un 2%, aproximadamente a lo largo del tiempo. En el caso de GE disminuyó y en el del GC aumentó.

Figura 4.13: Masa corporal en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

En la Figura 4.13 se observa como el test post-hoc de Scheffe no reveló diferencias significativas tiempo x grupo en ningún momento para la masa corporal.

ANOVA no reveló la existencia de efectos interacción tiempo x grupo para el porcentaje de masa grasa. Tanto en el GE como en el GC no se produjo prácticamente ninguna variación.

Figura 4.14: Porcentaje de masa grasa en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

En la Figura 4.14 se observa como el test post-hoc de Scheffe no reveló efectos de interacción tiempo x grupo en el porcentaje de masa grasa.

Aunque ANOVA no revela la existencia de efectos de interacción tiempo x grupo para el porcentaje de masa muscular y los valores tanto en un grupo, como en el otro, permanecen prácticamente constantes a lo largo del tiempo, si se puede observar una ligerísima disminución del porcentaje de masa muscular para el GE, entre las tomas tercera y cuarta, cosa que no sucede para el GC.

Figura 4.15: Porcentaje de masa muscular en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.
Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

Así, en la Figura 4.15 se observa como el test post-hoc de Scheffe no reveló diferencias significativas tiempo x grupo en ningún momento para el porcentaje de masa muscular.

Figura 4.16: Representación gráfica del somatotipo para GE y GC. (somatocarta).

En la figura 4.16 se puede observar la evolución a lo largo del tiempo, de la somatocarta, tanto para el GE, como para el GC. Como se puede apreciar tanto en el GE, como en el GC, la variación es inapreciable, permaneciendo casi exactamente en el mismo punto a lo largo del proceso.

4.5.2.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza máxima

En las variables de fuerza máxima, ANOVA mostró la existencia de efectos de interacción tiempo x grupo en todas las variables. Así tenemos que para 1RM en la prueba de gemelos ($p=0,005$), para 1RM de sentadilla ($p=0,005$), y para 1RM en press de banca ($p=0,000$).

Las pruebas post-hoc de Scheffe indicaron que existían diferencias estadísticamente significativas para 1RM de sentadillas, entre T1 y T2 ($p=0,001$), T1 y T3 ($p=0,000$) y T1 y T4 ($p=0,000$). Así como entre T3 y T4 ($p=0,042$). En la Figura 4.17 se puede observar de manera gráfica la distinta evolución de la variable 1 RM de sentadillas en ambos grupos de entrenamiento.

Figura 4.17: 1 RM en sentadillas en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p<0,05$).

En el caso de 1 RM de gemelos, las pruebas post-hoc de Scheffe indicaron que existían diferencias estadísticamente significativas para 1RM de gemelos, entre las T1 y T2 ($p=0,000$), entre las T1 y T3 ($p=0,002$) y entre las T1 y T4 ($p=0,012$). Igualmente existían diferencias significativas entre las T2 y T3 ($p=0,039$). Así como entre las T3 y T4 ($p=0,010$). En la Figura 4.18 se puede observar de manera gráfica la distinta evolución de la variable 1 RM gemelos en ambos grupos de entrenamiento.

Figura 4.18: 1 RM en gemelos en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

Las pruebas post-hoc de Scheffe indicaron la existencia de efectos de interacción tiempo x grupo para 1RM de Press banca horizontal entre las T1 y T3 ($p=0,000$) y entre las T1 y T4 ($p=0,001$), además se producen también entre las tomas T2 y T3 ($p=0,046$), tal y como se puede apreciar en la Figura 4.19.

Figura 4.19: 1 RM en Press banca horizontal en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

4.5.3.- Resultados obtenidos en las variables de fuerza explosiva

Por su parte, para las variables de fuerza explosiva de los miembros inferiores, ANOVA mostró la existencia de efectos de interacción tiempo x grupo tanto para el SJ ($p=0,001$), como para el CMJ ($p=0,004$).

Las pruebas post-hoc de Scheffe indicaron que, en el caso del SJ, existían diferencias estadísticamente significativas entre las tomas T1 y T3 ($p=0,003$), entre las T1 y T4 ($p=0,023$), entre las tomas T2 y T3 ($p=0,005$), así como entre T3 y T4 ($p=0,000$). En la Figura 4.20 se puede observar de manera gráfica la distinta evolución de la variable SJ en ambos grupos de entrenamiento.

Figura 4.20: Altura de salto en SJ en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

En la Figura 4.21 se observa como el test post-hoc de Scheffe reveló la existencia de efectos interacción tiempo x grupo para CMJ entre las T1 y T2 ($p=0,038$), entre las T1 y T3 ($p=0,005$) y entre las T1 y T4 ($p=0,017$). En la gráfica se aprecia como en el GE el CMJ aumenta durante el proceso de entrenamiento y desciende ligeramente una vez terminado dicho proceso. Sin embargo en el GC prácticamente el valor se mantiene constante a lo largo del tiempo.

Figura 4.21: Altura de salto en CMJ en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.
Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

4.5.4.- Resultados obtenidos en las variables de TR y TM

En las variables de tiempo de reacción y tiempo de movimiento, ANOVA mostró la existencia de efectos de interacción tiempo $\times$ grupo en la variable de tiempo de movimiento. Sin embargo, no se observan diferencias significativas en la prueba de tiempo de reacción. Las pruebas post-hoc de Scheffe, para el tiempo de movimiento, indicaron que existían diferencias estadísticamente significativas entre las T1 y T3 ($p = 0,024$), así como entre las T2 y T3 ($p = 0,004$). En la Figura 4.22 se puede ver que mientras en el GC, el tiempo de movimiento se mantiene constante en la tres primeras tomas, en el GE, disminuye desde el principio.

Figura 4.22: Segundos de TM en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.
Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0,05$).

RESULTADOS

ANOVA no reveló la existencia de efectos interacción tiempo x grupo para el tiempo de reacción. Sin embargo en el GC el tiempo de reacción disminuyó en las dos primeras tomas y aumentó en las dos últimas, mientras en el GE se fue produciendo una disminución en las tres primeras tomas y un estancamiento entre las dos últimas.

Figura 4.23: Segundos de TR en ambos grupos en cada una de las pruebas efectuadas.

Media $\pm$ SD. * Diferencias estadísticamente significativas, ($p < 0.05$).

Así, en la Figura 4.23 se observa como el test post-hoc de Scheffe no reveló diferencias significativas tiempo x grupo en ningún momento para tiempo de reacción.

5- DISCUSIÓN

Tal y como hemos visto en los antecedentes, la esgrima es un deporte en el que la velocidad es un componente determinante del rendimiento y a su vez la velocidad depende de los valores de la fuerza explosiva. Por tanto, uno de los objetivos del entrenamiento con tiradores debe ser incrementar dichos valores para mejorar el rendimiento. Tal y como se esperaba, un programa de entrenamiento de fuerza de 12 semanas de duración ha provocado un aumento en los valores de fuerza máxima, de fuerza explosiva (Álvarez, Sedano, Cuadrado y Redondo, 2012) y en nuestro caso estas ganancias se han transferido a mejoras en el tiempo de movimiento en la acción específica de esgrima del fondo, determinante en el resultado de la competición.

5.1.- VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Está claro, para cualquier entrenador y practicante de esgrima, que la altura es un factor decisivo en el rendimiento en la espada. Sin embargo, no se ve tan claro en el resto de variables corporales.

No hemos encontrado estudios que relacionen los efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza con las variables antropométricas en esgrima, por tanto todas las comparaciones de datos que realicemos con otros estudios serán con los de todo el grupo experimental (GE mas GC) en la T1.

El dato de $14,0 \pm 2,5$ de porcentaje de grasa corporal como media de todo el grupo en la T1, está en línea con los datos encontrados en la literatura. Aunque hay que tener en cuenta que los grupos son diferentes en cuanto a la edad, sexo, armas, etc.

Ghloum y Hajji (2011), aporta como datos de su estudio un valor promedio de $13,9 \pm 5,95$ de porcentaje de grasa corporal para un grupo de tiradores del equipo nacional de esgrima kuwaití masculinos, sin indicar el arma que practican. El dato aportado es similar al que hemos obtenido en nuestro trabajo. , sin embargo hay que tener en cuenta que el grupo kuwaití es exclusivamente masculino, mientras que nuestro grupo es mixto.

Sterkowicz-Przybycień (2009) aporta para tiradores masculino de espada polacos, un valor de porcentaje de masa grasa de $17,1 \pm 3,08$. Este dato está por encima de lo encontrado en nuestro estudio. Es de destacar en este estudio, que los valores de porcentaje de grasa corporal que aporta son más altos para los tiradores que para la población de sujetos no entrenados. Para los sujetos no entrenados aporta un valor de $15,7 \pm 2,74$ de porcentaje de masa grasa, también por encima de lo encontrado en nuestro grupo. Según Vander Barry y Wrisley (1984), tomado de Roi y Bianchedi, (2008), para tiradores de clase nacional polaca encontramos el dato del

12,2 de porcentaje de masa grasa, valor que está bastante alejado del anterior y para el que no se explicita si la muestra es masculina, femenina o mixta.

Tsolakis y Vagenas (2010), en su estudio sobre las diferencias entre tiradores de élite y sub-élite aporta valores de $13,74 \pm 3,93$ de porcentaje de grasa corporal, en tiradores de elite y $16,57 \pm 4,37$ para los de sub-élite. El valor del grupo de elite se encuentra más próximo al dato que hemos obtenido en nuestro estudio. En el grupo de nuestro estudio no hay tiradores que hayan participado ni en Juegos Olímpicos, ni en Campeonatos del Mundo Absolutos, por lo que en el estudio de Tsolakis y Vagenas estarían encuadrados dentro del grupo de sub-élite y sin embargo los datos están más próximos a los del grupo de élite. También hay que tener en cuenta que en este estudio no indica el arma que practican los sujetos del estudio.

Douvis, Tsigganos, Smirniotou y Zacharogiannis (2011), aporta como dato de masa grasa $13,2 \pm 6,1$, también por debajo del valor de nuestro estudio. El grupo de estudio está formado exclusivamente por varones miembros del equipo nacional griego de esgrima, sin especificar arma.

Iglesia y Rodríguez (1991) en su estudio sobre tiradores españoles aportan como dato de porcentaje de grasa, para tiradores masculinos de espada $11,42 \pm 1,06$, claramente por debajo de nuestro valor, pero la muestra en uno y otro caso difiere claramente por el sexo.

Roi y Bianchedi (2008), realizan una revisión bibliográfica en la que aportan datos de 18 estudios en los que encontramos que el porcentaje de masa grasa se sitúa entre el $27,3 \pm 1,7$ en el estudio de Tsolakis, Bogdanis y Vagenas (2006), para mujeres y en el $9,6 \pm 1,2$ aportado por Caldarone, Pelliccia y Gambuli (1983), para hombres.

En los datos encontrados para porcentaje de masa grasa comprobamos que los valores aportados por los estudios para hombres son inferiores a 20, mientras que los datos para mujeres son superiores a dicho valor. Tan solo en el estudio de Soares y Fernandes, (2005) encontramos para mujeres un valor de $16,18 \pm 5,98$, este dato se sale de la norma y es sorprendente ya que el valor mínimo que aporta es de 8,56%, dato extremadamente bajo.

No hemos encontrado en la literatura porcentajes de masa muscular, por lo que no es posible establecer comparaciones en esta variable.

Al analizar los dos grupos de nuestro estudio, encontramos que parten de una situación tanto en masa corporal, como en tanto por ciento de masa grasa y de masa muscular en la que no hay diferencias significativas. A lo largo del programa de entrenamiento tampoco se producen diferencias significativas entre el GE y el GC.

Hay que tener en cuenta que las variables antropométricas no parecen tener relevancia en el rendimiento en esgrima y prueba de ello son las diferencias en los valores encontradas en los distintos estudios analizados. En esta línea, Tsolakis y

Vagenas (2010), llegan a la conclusión de que, puesto que las características antropométricas tanto del grupo de élite, como de sub-élite son muy similares se puede afirmar que tienen que ser otros los factores de rendimiento.

Según Esparza et al. (1993) los deportistas tiene una tendencia marcada al mesomorfismo, circunstancia que ocurre en nuestro estudio, tanto cuando analizamos la muestra en su conjunto ($3,4 \pm 1,0$ - $3,9 \pm 1,3$ - $2,4 \pm 0,7$), como cuando analizamos cada uno de los grupos por separado GE ($3,2 \pm 0,9$ - $3,8 \pm 1,3$ - $2,2 \pm 0,9$) y GC ($3,6 \pm 1,2$ - $3,9 \pm 1,4$ - $2,6 \pm 0,5$).

Cuando pretendemos hacer una comparación de nuestros datos con los que aporta la literatura nos encontramos con grandes dificultades al tener los distintos estudios muestras muy diferentes. En unos casos no está referenciada el arma que practican los participantes en el estudio y en otros las edades son muy dispares. Tenemos datos de estudios con una media edad de 12,5 años, frente a otros de media de 25 años, incluso hay casos en los que no se aporta de edad media de los voluntarios. Sin embargo, lo que si nos aportan los datos es que hay una gran disparidad de somatotipos y no hay un claro perfil, lo que está de acuerdo con las conclusiones de Lavoie et al. (1984), tomado de Iglesias (1997) y con el estudio de Sterkowicz-Przybycień (2009).

Pieter y Bercades (2009), para tiradoras del equipo nacional absoluto filipino de esgrima, sin aportar el arma que practican, y con una edad de $24,33 \pm 7,72$ años, aportan como valores del somatotipo de $3,69 \pm 0,74$ - $4,84 \pm 0,63$ - $1,32 \pm 0,80$, en este caso encontramos un perfil con marcado carácter de mesomorfismo. También para jóvenes tiradoras femeninas cubanas de 12,5 años de edad, sin aportar arma, Carter y Heath (1990), tomado de Pieter y Bercades (2009) reportan valores de somatotipo de 3,0 - 3,2 - 3,5, así como valores de 3,6 - 3,6 - 2,4 sin especificar ni edad, ni arma, estos valores los refiere a valores obtenidos en los Juegos Bolivarianos de 1981. En ninguna de las dos muestras anteriores el carácter mesomórfico prevalece alejándose de la tendencia marcada por Esparza. Siguiendo con valores femeninos encontramos que Tsolakis et al. (2006), tomado de Pieter y Bercades (2009) para tiradoras de entre 18 y 20 años de edad, sin aportar el arma que practican, los valores que facilitan son 4,3 - 2,3 - 2,9 y para tiradoras mayores de 20 años los valores son 3,1 - 1,9 - 3,7. Tampoco en ninguno de estos dos casos hay tendencias mesomórficas. Por su parte, Soares y Fernandes, (2005), para los equipos femeninos brasileños de las tres armas los valores del somatotipo que facilita son $3,2 \pm 1,1$ - $3 \pm 0,8$ - $3,4 \pm 1$.

Sin embargo, en el caso de los tiradores masculino si prevalece el carácter mesomórfico. Para tiradores masculinos encontramos que Sterkowicz-Przybycień (2009) expone que los valores para espadistas polacos masculinos de $23,7 \pm 2,1$ años fueron: $3,6 \pm 1,4$ - $4,9 \pm 0,99$ - $2,5 \pm 1,08$, teniendo un somatotipo endo-mesomórfico. Rodríguez, Sánchez, García, Martínez y Cabre (1986), tomado de Sterkowicz-Przybycień (2009), aporta datos de tiradores masculinos de espada cubanos de $23,0 \pm 2,0$ años, $2,1 \pm 0,4$ - $5,4 \pm 0,8$ - $2,4 \pm 0,03$. Por su parte, Carter y Heath (1990) y

Eiben (1980), tomados de Sterkowicz-Przybycień (2009), informa de valores de tiradores de espada húngaros masculinos con una edad de $25,5 \pm 6,5$ años, encuentran los siguientes valores $2,8 \pm 0,8$ - $5,2 \pm 0,7$ - $2,0 \pm 1,0$. Además, Iglesias (1997), para la selección española masculina de espada obtiene unos valores de $1,9 \pm 0,4$ - $4,0 \pm 0,9$ - $3,6 \pm 1,0$, reseñando los datos de Carter, Aubri y Sleet (1982), tomado de Iglesias (1997), para una muestra de tiradores olímpicos, aportan los datos de $2,8$ - $4,2$ - $2,9$ y los de Lavoie et al. (1984), tomado de Iglesias (1997), aportan como datos de espadistas canadienses de nivel internacional los siguientes $2,1$ - $4,0$ - $3,1$.

En nuestro trabajo, en relación a la evolución del somatotipo, a lo largo de las etapas de entrenamiento en cada uno de los dos grupos, observamos que tanto en el GC como en el GE no hay evolución, permaneciendo prácticamente inalterable a lo largo del proceso. El valor de endomorfia se relaciona con el porcentaje de grasa, por su parte, el valor de mesomorfia se relaciona con el porcentaje de masa muscular. Al analizar los datos del somatotipo y su evolución con los porcentajes corporales encontramos que se cumple la lógica tanto en el GC como en el GE. Ya que la pequeña disminución en el valor del porcentaje de grasa en el GE, se corresponde con una ligera disminución en el valor del endomorfismo. Ocurre lo mismo con el pequeño aumento del valor del mesomorfismo que se corresponde con el leve aumento del valor del porcentaje de masa muscular.

Finalmente, Sterkowicz-Przybycień (2009) concluye en su estudio que no se observan relaciones entre el somatotipo y la clasificación en las competiciones. En dicho estudio sorprende que mientras la clasificación en el ranking correlaciona altamente con la altura del tirador de florete, no es así en espada, en el que no encontraron ninguna correlación significativa entre rendimiento y variables antropométricas. Por su parte Lavoie, Leger y Marini (1984), tomado de Iglesias (1997), tampoco encuentran que los valores antropométricos sean decisivos para el rendimiento en esgrima.

5.2.- VARIABLES DE FUERZA MÁXIMA Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

No hemos encontrado estudios que relacionen las variables de fuerza máxima en esgrima con programas de desarrollo de la fuerza, por lo que las distintas comparaciones con los datos de otros estudios las realizaremos con los obtenidos en la T1 para todo el grupo experimental conjunto (GE + GC).

Tsolakis, Bogdanis, Nikolaou y Zacharogiannis (2011), en su estudio sobre efectos inmediatos de dos series de ejercicios distintos sobre los miembros superiores e inferiores, en tiradores del equipo nacional griego de esgrima, aportan valores de 1RM en press de banca de 77 ± 8 kg para hombres y 38 ± 5 kg para mujeres y de 219 ± 44 kg para hombres y 118 ± 29 kg para mujeres en prensa de piernas a 45° . El

dato de press de banca es comparable con nuestros datos ya que el ejercicio se desarrolla de forma similar. El dato de $48 \pm 16,7$ kg movidos en 1RM en press de banca, que obtenemos en nuestro estudio para los dos grupos conjuntamente en el T1, es claramente inferior al aportado por Tsolakis en su estudio. En el caso de 1 RM en media sentadilla el dato ya no es comparable ya que la forma de realizar uno y otro ejercicio son distintos.

Las mejoras obtenidas en 1RM se han producido con un aumento muy bajo de la masa muscular, lo cual está en consonancia con lo afirmado por Ronnestad, Kvamme, Sunde y Raastad (2008). Este aumento puede deberse a alteraciones en la activación muscular causados por factores de intensidad del entrenamiento (Häkkinen, Komi, Alen, Kauhanen, 1987) o por adaptación neuronal en los sujetos (Hoffman Wendell, Cooper y Kang, 2003; Hermassi, Chelly, Fathloun y Shephard, 2010; Ronnestad et al., 2008).

La mejora en 1RM, no se produce exclusivamente en el periodo en que se realiza el trabajo de fuerza máxima, sino que esta se sigue produciendo una vez terminado dicho trabajo. Así, entre las T1 y la T2, cuando se realiza el trabajo específico de desarrollo de la fuerza máxima, se observan los mejores aumentos medios porcentuales: en sentadillas el $19,47 \pm 9,04\%$; en press de banca el $7,15 \pm 8,13\%$ y en gemelos el $20,27 \pm 7,90\%$. Y entre la T2 y la T3, cuando el trabajo ya no es específico de fuerza máxima, se siguen produciendo mejoras: en sentadillas el $5,97 \pm 6,01\%$; en press de banca el $3,34 \pm 2,30\%$ y en gemelos $9,87 \pm 7,14\%$. Estas mejoras en fuerza máxima concuerdan con lo encontrado por Chiroso, Chiroso, Requena, Feriche, y Padial, (2002), que con dos entrenamientos de contrastes también mejoran los valores de media sentadilla para 1RM.

En todos los casos, las mejoras, con respecto al inicio del trabajo, se mantienen en la última toma después del periodo sin trabajo específico. En el caso de 1RM en media sentadilla la mejora observada en la T4, con respecto a la T1 es del $19,72 \pm 6,40\%$, habiendo sido la mejor marca en la T3 con una mejora del $26,28 \pm 6,82\%$ con respecto a la T1. En el caso de gemelos la mejora en la T4, con respecto a la T1 es del $25,54 \pm 16,67\%$, siendo la máxima mejora del $32,43 \pm 16,63\%$ en la T3. En press de banca la mejora observada en la T4, con respecto a la T1 es del $9,16 \pm 7,7\%$, en la T3 donde se alcanza el valor máximo la mejora es del $10,70 \pm 8,03$. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores que encontraron que un periodo en el que no se entrena específicamente la fuerza pero se mantiene el entrenamiento regular del deporte específico permite mantener los niveles alcanzados anteriormente (Maffiuletti, Dugnani, Folz, Di Pierno, Mauro, 2002; Sedano et al. 2009).

5.3.- VARIABLES DE FUERZA EXPLOSIVA Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Son muchos los autores que señalan que el entrenamiento con cargas altas y bajas repeticiones mejora la fuerza (Atha, 1981; Berger, 1963; McDonagh y Davies,

1984; Willoughby, 1992) y que en seis meses mejora entre un 50 y un 100% (Bemben Feters, Bemben, Nabavi, y Koh, 2000; Brill, et al., 1998; Frontera, Meredith, O'Reilly, Knutgen y Evans, 1988).

El American College of Sports Medicine (1998) afirma que la realización regular de entrenamiento, en personas adultas, provoca una mejora significativa en la fuerza y que el entrenamiento con cargas aumenta la fuerza muscular rápida (Braith, Graves, Legget y Pollock, 1993; Cavani, Mier, Musto, Tummers, 2002; Evans, 1999; Frontera et al., 1998).

La capacidad de salto ha sido utilizada como manifestación de la potencia muscular tanto en deportistas, como en individuos sedentarios. Además, se ha utilizado tradicionalmente para valorar los efectos de entrenamientos de la fuerza explosiva. Esto se debe a que, independientemente de la técnica de salto, la altura alcanzada depende, en gran medida, de la capacidad de los miembros inferiores de desarrollar fuerza en un periodo corto de tiempo. En este estudio se valora la manifestación explosiva (no pliométrica) mediante el SJ y la elástico-explosiva mediante el CMJ.

No existe unanimidad en las causas de la mejora de la capacidad de salto. Unos autores afirman que las causas se deben a modificaciones de carácter morfológico concretamente hipertrofia muscular. Potteiger et al. (1999) encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre el tamaño de las fibras musculares y la capacidad de salto. Para otros, las causas son debidas a modificaciones de tipo nervioso consecuencia de la capacidad de reclutamiento, de la sincronización de unidades motrices y a la coordinación motriz (Diallo, Dore, Duche y Van Praagh, 2001). Tourmi, Best, Martin, Guyer y Pourmarat (2004) afirman que si no se observan variaciones significativas en el área de sección muscular las mejoras en la capacidad de salto se deben atribuir a adaptaciones de tipo neural.

Son varios los autores que señalan que el entrenamiento combinado de pesas y pliometría mejora el salto vertical (Adams, O'Shea, O'Shea y Climstein, 1992; Clutch, Wilton, McGown y Bryce, 1983; Polhemus, Burkhardt, Osina y Patterson, 1980). Además, se produce una mejora de la fuerza máxima tanto en las extremidades superiores como en las inferiores (Atha, 1981; Fry et al, 1991). Hay que tener en cuenta que en el trabajo pliométrico no sólo es importante la fuerza desarrollada por las extremidades inferiores sino que la coordinación neuromuscular y la ejecución técnica juegan un papel importante (López-Calbet, Arteaga, Chavarren y Dorado, 1995). Izquierdo y Aguado (1997) afirman que la producción de fuerza explosiva en un salto vertical está muy relacionado con factores como la coordinación intermuscular, ya que una falta de relajación en la musculatura antagonista del muslo puede disminuir la eficacia mecánica del movimiento y por tanto afectar a la altura del salto.

Para Tourmi et al. (2004) el nivel inicial de fuerza de los sujetos sometidos a un programa de entrenamiento de la fuerzas es determinante en la efectividad del mismo.

Y son varios los autores que abogan por programas de entrenamiento combinados para la mejora de la fuerza explosiva en lugar de utilizar exclusivamente la pliometría. Rodríguez y García Manso (1997) en un trabajo con jugadores de voleibol combinaron trabajo ansiométrico y pliométrico obteniendo mejoras significativas en el salto. Fatouros et al. (2000) afirma que la combinación de pesas con pliometría es más efectivo que ambos por separado. En la mayoría de los trabajos el mejor resultado se obtiene con el trabajo combinado, sin embargo por separado el pliométrico es el método más efectivo.

Iglesias (1997), en su tesis expone los datos de diferentes maneras, por lo que podemos hacer una comparación de nuestros datos con varios de los aportados por el, para los tiradores de máximo nivel. Nuestros datos, obtenidos en la T1, sin distinguir entre grupo de trabajo y grupo experimental, son para SJ $32,5 \pm 3,1$ cm y para CMJ $34,1 \pm 3,6$ cm. Nuestros datos son claramente mejores que los que aporta para las espadistas femeninas (SJ $27,0 \pm 4,2$ cm y CMJ $29,8 \pm 4,4$ cm). Si tomamos a los espadistas masculinos (SJ $39,3 \pm 4,6$ cm y CMJ $41,7 \pm 4,4$ cm), sus datos son claramente superiores a los nuestros.

Tsolakis y Tsiganos (2008), en su estudio dividen a los tiradores en dos grupos de élite (miembros del equipo nacional griego) y no-élite (miembros de un Club de Atenas), sin especificar arma. Los datos que obtiene para SJ en el grupo de élite es de $33,14 \pm 3,89$ cm y para no-élite $32,01 \pm 7,68$ cm, si los comparamos con los obtenidos en nuestro estudio vemos nuestro grupos está en medio de los dos. Hay que tener en cuenta que mientras los grupos de Tsolakis son exclusivamente masculinos, nuestra muestra es mixta. En cuanto a CMJ, para el grupo de élite $39,87 \pm 3,71$ cm y $36,35 \pm 7,73$ cm para no élite, ambos datos son mejores que los recogidos por nuestro estudio.

Tsolakis y Vaguenas (2010), realizan una comparación entre tiradores de élite y sub-élite. Tampoco en este estudio diferencia por armas. Los datos que obtiene en este estudio son claramente inferiores a los aportados en el anterior, aunque hay que tener en cuenta que la muestra en este caso es mixta. En el grupo de élite obtiene para SJ $31,94 \pm 9,79$ cm y para CMJ $35,47 \pm 8,97$ cm, el dato de SJ es peor que el obtenido en nuestro estudio, pero sucede lo contrario en el CMJ. Para el grupo de sub-élite los datos que aporta son SJ $25,74 \pm 6,43$ cm y para CMJ $31,04 \pm 7,63$ cm. En ambos casos los datos obtenidos en su estudio están por debajo de los hallados en el nuestro. Tsolakis, Kostaki y Vaguenas (2010), realizan otro estudio entre tiradores de élite en el que la muestra agrupa a tiradores que en el anterior estaban separados en élite y sub-élite y en el que tampoco indica el arma, también en este caso la muestra es mixta. En este estudio, los datos aportados para SJ $28,1 \pm 9,05$ cm y para CMJ $32,6 \pm 8,89$ cm, son claramente inferiores a los encontrados en nuestro estudio.

Los datos obtenidos por Juarez et al. (2008), en su estudio con 17 tiradores masculinos del equipo nacional español de esgrima, sin especificar arma, son

DISCUSIÓN

claramente superiores a los nuestros. En su estudio obtienen para SJ un valor promedio de 39 ± 5 cm y de 43 ± 7 cm en CMJ.

Marina et al. (2008), con un grupo mixto de jóvenes tiradores catalanes, con las tres armas, obtienen para los varones unos datos de $33,3\pm 4,75$ cm en SJ y $36,3\pm 6,28$ cm en CMJ, en las mujeres los datos obtenidos son $26,7\pm 4,36$ cm para SJ y $32,5\pm 5,80$ cm en CMJ. Si comparamos estos datos con los nuestros vemos que los varones obtienen unos valores mejores a nuestro grupo, pero por el contrario al comparar con el grupo femenino los datos son claramente inferiores.

Tabla 5.1: Análisis comparativo entre los datos de SJ y CMJ de nuestro grupo T1 y datos de otros estudios.

GRUPO	SJ	CMJ	SUJETOS	Dif.S J	Dif.C MJ	%Dif. SJ	%Dif. CMJ	%CMJ- SJ
GE y GC T1	32,51	34,08	MAS					
GE T3	38,15	40,23	MAS					
Iglesias 1997	32,2	34,5	MAS.	0,31	-0,42	1	-1	2
	27,9	29,5	FEM.	4,61	4,58	14	13	1
	31,1	33,2	MIX	1,41	0,88	4	3	2
	36,6	39,1	ESP.MAS	-4,09	-5,02	-13	-15	2
	27,6	29,3	ESP.FEM	4,91	4,78	15	14	1
Tsolakis y Tsiganos 2008	33,14	39,87	Elite MAS	-0,63	-5,79	-2	-17	15
	32,01	36,35	No-elite MAS	0,505	-2,27	2	-7	8
Tsolakis y Vagenas 2010	31,94	35,47	Elite MIX	0,57	-1,39	2	-4	6
	25,74	31,04	Sub-elite MIX	6,77	3,04	21	9	12
Tsolakis, Kostaki, et al. 2010	28,1	32,6	MIX	4,41	1,48	14	4	9
Juarez et al. 2008	39	43	MAS	-6,49	-8,92	-20	-26	6
Marina et al. 2008	33,3	36,3	MAS	-0,79	-2,22	-2	-7	4
	26,7	32,5	FEM	5,81	1,58	18	5	13
Dif.SJ: Diferencia absoluta entre el valor SJ de nuestro grupo GE y GC en T1 y el grupo de referencia. Dif.CMJ: Diferencia absoluta entre el valor CMJ de nuestro grupo y el grupo de referencia. % Dif.SJ: Diferencia porcentual entre el valor SJ de nuestro grupo y el grupo de referencia. % Dif.CMJ: Diferencia porcentual entre el valor CMJ de nuestro grupo y el grupo de referencia. % CMJ-SJ: Valor absoluto de las diferencias % entre %Dif.SJ y % Dif.CMJ. MAS: Masculino; FEM: Femenino; MIX: Mixto. Valores en cm								

Con todos los datos comparados hasta el momento vemos que en todos los casos, para cada caso, nuestro grupo presenta unos resultados claramente mejores para SJ que para CMJ. Solo en el caso de la comparación de nuestro grupo, con los grupos de Iglesias (1997) los datos de SJ y CMJ están bastante equilibrados. Tal y como se puede apreciar en la Tabla 5.1. la diferencia porcentual entre los datos

obtenidos en nuestro estudio y los aportados por otros autores es siempre más favorable en SJ. Cuando en la diferencia porcentual el valor es positivo significa que los datos de nuestro estudio son mejores.

En la Tabla 5,1 podemos observar que mientras las diferencias entre nuestros datos y los aportados por Iglesias están bastante equilibrados. Por ejemplo, al comparar con el grupo de espada masculino, vemos que el grupo de Iglesias (1997) es un 13% mejor en SJ y un 14% en CMJ, datos ambos muy parejos. Sin embargo, con el grupo de Tsolakis y Tsiganos (2008) no-elite en el SJ nuestro grupo es un 2% mejor y sin embargo en CMJ es un 7% peor, con lo que la diferencia entre ambos casos es de un 8-9%. Esto sucede en todos los grupos excepto con los de Iglesias (1997). La única explicación que encontramos es que los tiradores de sable, que tienen unos valores mejores en el coeficiente de elasticidad que los tiradores de espada o florete (Iglesias, 1997), tengan un peso mayor en las muestras de los otros grupos. Este peso mayor puede ser porque el número de tiradores de sable sea mayor en las otras muestras o bien porque la diferencia encontrada por Iglesias (1997) entre sablistas y tiradores de otras armas, haya ido aumentando como consecuencia de las modificaciones reglamentarias introducidas en el sable desde que Iglesias terminó su tesis a la actualidad.

Al comparar nuestros datos con los aportados por otros autores podemos hacerlo con los datos del GE al terminar el programa de entrenamiento. En este caso, observamos que los datos al final del programa son superiores a todos los aportados por el resto de autores, excepto para los datos de Juarez et al. (2008) en los que tanto en SJ, como en CMJ sus datos son mejores a los nuestros. Sin embargo, hay que tener en cuenta que su estudio se ha realizado con miembros de la selección española absoluta de esgrima.

Al analizar la evolución de SJ y CMJ, a lo largo del programa de entrenamiento encontramos que en la primera fase de fuerza máxima SJ y CMJ mejoran de forma pareja un $6,56 \pm 4,40\%$ y un $5,81 \pm 2,57\%$ respectivamente. Hay que tener en cuenta que la mejora en SJ no es significativa estadísticamente, mientras si lo es en CMJ. Durante la segunda fase, en la que se realizaba en entrenamiento complejo, la mejora en SJ fue de un $5,70 \pm 2,05\%$ y en CMJ la mejora alcanzó un $5,67 \pm 3,95\%$.

Aunque tanto en los valores de SJ como de CMJ se produce un ligero descenso entre la T3 y la T4, los valores se mantienen por encima de los obtenidos en la T1 y T2. Esto concuerda con lo encontrado por otros autores (Izquierdo, 2011; Diallo et al., 2001) en el sentido de que después de un periodo sin entrenamiento de fuerza, manteniendo el entrenamiento específico del deporte, los logros obtenidos con el programa de fuerza se mantienen.

Estas mejoras en la capacidad de salto, dado que no hay hipertrofia muscular, pueden deberse a modificaciones de tipo nervioso, tales como la mejora en la coordinación motriz, en la capacidad de reclutamiento y en la sincronización de

unidades motrices, tal y como exponen Diallo et al. (2001). Tourmi et al., (2004) también atribuyen las mejoras en la fuerza explosiva cuando no hay hipertrofia muscular a adaptaciones a nivel del sistema nervioso. Por ello, teniendo en cuenta estas ideas, aunque nosotros no las hemos evaluado de forma directa, podríamos pensar que nuestras mejoras en la fuerza explosiva son debidas a adaptaciones de tipo neuronal.

5.4.- VARIABLES DE TR Y TM Y EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA

La comparación de nuestros datos con otros aportados por distintos autores no es fácil, ya que los métodos utilizados y las condiciones experimentales son diferentes. Así en el tiempo de reacción encontramos estímulos distintos, acciones a realizar también distintas, mediciones efectuadas con o sin EMG, etc. En cuanto a los tiempos de movimiento las diferencias mayores estriban en si se realizan sobre reacciones simples o electivas y la distancia entre el ejecutante y el objetivo.

Williams y Walmsley (2000b), realizan su trabajo con unas condiciones experimentales similares a las nuestras con una distancia desde el pie de atrás al blanco de 1,5 veces la altura del sujeto, aunque luego cada uno de los participantes podía acortar o alargar dicha medida estándar inicial. Es importante reseñar que miden tiempo de reacción simple y electivo con dos y con cuatro posibilidades y que cada una de las condiciones experimentales las realizan para tres distancias distintas. De las tres distancias la más parecida a nuestras condiciones experimentales es la distancia larga. Así, centrándonos solo en los datos de tiempo de reacción simple, lo que más destaca es que el tiempo de reacción, que se mide igual en las tres distancias, y que por lógica no debería variar con cada una de ellas, si lo hace, aumentando el tiempo de reacción a medida que aumenta la distancia y por tanto, se hace más compleja la tarea a realizar, coincidiendo con lo encontrado por Klapp (1995); Christina, R. W.; Fischman, M. G.; Vercruyssen, M. J., Anson, J. G. (1982). En el caso del grupo de novatos el tiempo de reacción más largo corresponde a la condición de distancia larga 618 ± 54 ms. En el caso del grupo de élite el tiempo de reacción es prácticamente igual para la distancia media 381 ± 60 ms y la larga 380 ± 70 ms y ambas son sensiblemente más largas que para la distancia corta. Nuestros datos para la T1, y el GE y GC en conjunto, son de 363 ± 114 ms, similares aunque ligeramente mejores, a los datos del grupo de élite, en condiciones experimentales similares.

Si comparamos los datos de tiempo de movimiento, aportados por Williams y Walmsley (2000a), para el grupo de élite 404 ± 132 ms y para el grupo de novatos 281 ± 86 ms, vemos que nuestros datos son muy similares a los del grupo de novatos. Estos autores, realizan su trabajo en tres condiciones para una reacción electiva, con distancias distintas para cada sujeto (aproximadamente a 1,5 veces la altura del sujeto

desde el pie de atrás al blanco) y con dos grupos experimentales (élite y novatos). Así, aporta como datos de RT para el grupo de élite de 333 ± 128 ms y para el de novatos de 613 ± 62 ms y un tiempo de movimiento de 475 ± 152 ms para el grupo de elite y de 321 ± 91 ms para el de novatos. Hay que resaltar que el tiempo de movimiento para el grupo de novatos es claramente inferior al de élite, es importante tener en cuenta que los tiradores de élite modificaban la distancia estándar de 1,5 al alza, mientras que los noveles lo hacían a la baja. Sin embargo, el grupo de elite obtiene mejores resultados en tiempo total de respuesta, como consecuencia de un tiempo de reacción sensiblemente mejor. Aunque hay que destacar de este estudio que no queda nada clara la validación de su protocolo de medición.

Los valores obtenidos en nuestra investigación se encuentran por encima de los valores de tiempo de reacción obtenidos en otros trabajos. Mientras los valores que hemos obtenido en la T1 para el GE y GC conjuntamente es de $363 \pm 0,114$ ms, otros autores como Borysiuk (2008) aporta valores entre $200,166 \pm 28,856$ ms para expertos y $243,733 \pm 42,568$ ms para novatos. La forma de realizar su medición no es comparable a la nuestra ya que mide el tiempo de reacción desde la aparición del estímulo hasta la primera actividad bioeléctrica del músculo medida con electromiograma. Además la tarea a realizar no es un gesto específico de esgrima, sino que debe presionar un botón.

Son muchos los estudios sobre tiempo de reacción en los que encontramos múltiples datos aunque las condiciones experimentales son completamente distintas. Por ejemplo, Herbort y Butz (2009), en un experimento en el que los participantes tienen que pulsar una primera tecla y a continuación una segunda, aportan para una condición que podríamos considerar simple, puesto que conocen la primera tecla a pulsar, un tiempo de reacción de 347 ms cuando el movimiento es realizado con el brazo y de 336 ms cuando se realiza con los dedos. Estos tiempos son similares a los nuestros aunque la población del estudio no es deportista y las tareas y estímulos también difieren.

Mouelhi et al. (2006) miden el tiempo de reacción con la aparición de un círculo rojo en el centro de una pantalla de ordenador. Realizan el test a dos grupos, el primero estaba compuesto por miembros de la selección tunecina de esgrima y el segundo eran universitarios sedentarios. Los valores que obtiene son de $253,20 \pm 27,3$ ms para el grupo de tiradores y $99,04 \pm 40,98$ ms para el de sedentarios. También en este caso las tareas y estímulos son diferentes.

Sillero, Saucedo, López y Martínez de Quel (2008) miden el tiempo de reacción con el programa SuperLab Pro 2.0 y facilita como tiempo de reacción para tiradores masculinos de los equipos nacionales de esgrima de España $356,49 \pm 38,5$ ms y $399 \pm 72,5$ ms para karatecas masculinos de los equipos nacionales de karate de España. Para las mujeres de los mismos grupos el valor que aporta en el caso de las tiradoras es $397,11 \pm 34,11$ ms y $396,84 \pm 30,23$ ms para las karatecas. Tampoco en este caso son similares ni las tareas a realizar, ni los estímulos presentados.

En el tiempo de reacción no hemos encontrado diferencias significativas en ningún momento a lo largo del proceso, aunque si se puede apreciar claramente que va mejorando a lo largo de las tres primeras tomas, tanto para el GE, como para el GC.

En cuanto a la medida del tiempo de movimiento en esgrima, son varios los autores que al igual que Yiou y Do (2000) utilizan la distancia de 2/3 de la longitud de la pierna como distancia a la que colocan a los tiradores para medir su tiempo de movimiento en el fondo. Aunque Yiou y Do (2000), no aportan valores de tiempo de movimiento, sino de la velocidad del fondo. Por el contrario, Douvis et al. (2011), miden el tiempo de movimiento, con una distancia de fondo de 2/3 la longitud de la pierna, después de aplicar dos protocolos previos de flexibilidad estática y dinámica y aportan un tiempo de fondo, entre $0,23 \pm 0,05$ sg para estático y $0,26 \pm 0,1$ sg para balístico. Tsolakis y Vagenas (2010) aportan un tiempo de fondo, con una distancia de 2/3 de la longitud de la pierna de entre $0,18 \pm 0,03$ seg para tiradores de elite y $0,21 \pm 0,04$ sg para tiradores de subélite. En otro estudio, Tsolakis, Kostaki, et al. (2010) para el tiempo de fondo, con una distancia de 2/3 de la longitud de la pierna, obtienen valores de 200 ± 40 ms para tiradores de elite.

Willians y Walmsley (2000a) para una reacción electiva, con distancias distintas para cada sujeto, pero aproximadamente 1,5 veces la altura del sujeto desde el pie de atrás al blanco y con dos grupos experimentales, élite y novatos, aporta como datos de tiempo de reacción 333 ± 128 ms, para el grupo de élite, y para el de novatos de 613 ± 62 ms.

Al analizar la evolución del tiempo de movimiento a lo largo del proceso de entrenamiento observamos que los beneficios del trabajo de fuerza se han trasladado, desde la primera toma, a la mejora del tiempo de movimiento en el gesto específico de esgrima del fondo. Esta primera apreciación es importante ya que mientras los datos informan de una mejora, aunque no significativa, del tiempo de movimiento, las sensaciones de los deportistas al final del periodo de desarrollo de la fuerza máxima es de que están más lentos y pesados. Esta primera mejora, aunque no significativa, entre la T1 y la T2 se ha producido con el trabajo de fuerza máxima y ha alcanzado el $5,0 \pm 6,8\%$. La mejora entre la T1 y la T3, ya si es una mejora significativa estadísticamente, y ha sido del $17,0 \pm 8,1\%$. Aunque entre la T3 y la T4 se produce un ligero empeoramiento, la mejora con respecto a la situación inicial es del $14,8 \pm 12,9\%$. Esto concuerda con lo encontrado por otros autores (Álvarez et al., 2012) en el sentido de que después de un periodo de entrenamiento de la fuerza, si se mantiene el entrenamiento específico del deporte sin entrenamiento de fuerza los logros obtenidos con el programa de fuerza, perduran en el tiempo. Esto es importante de cara a la planificación de las temporadas deportivas.

Häkkinen, Komi y Tesch, (1981) afirman que el entrenamiento con sentadillas con grandes cargas no mejora la fuerza explosiva, e incluso puede reducir la manifestación de la fuerza rápida (Häkkinen, 1989), especialmente cuando se realiza

un trabajo de larga duración ya que suele acompañarse de hipertrofia muscular (Bosco, 1994), cosa que no ha sucedido en nuestro estudio. Los mismos autores afirman que no hay mejora en esta manifestación de la fuerza, especialmente entre atletas con una experiencia de entrenamiento de fuerza máxima mayor a seis meses de entrenamiento. Nuestros tiradores no tenían ese trabajo acumulado. Sin embargo, Siff y Verkhoshansky, (2000), con cargas máximas (por encima del 85%) y pocas repeticiones consiguen mejorar la fuerza explosiva. También incide en la coordinación intermuscular (González Badillo y Gorostiaga, 2002). Para otros autores (Sale, 1993; Vélez, 1992) la realización de este tipo de entrenamiento produce aumento y mejoras en la capacidad de reclutamiento de unidades motrices, especialmente en las unidades de contracción rápida encargadas de generar tensión en gestos explosivos (Schmidtbleicher, 1988 tomado de Chiroso et al., 2002). De acuerdo con lo expuesto anteriormente, podemos suponer que las mejoras observadas en el tiempo de movimiento deben haber sido como consecuencia de adaptaciones neuronales.

Es importante remarcar la diferente evolución de SJ y CMJ, de la evolución del tiempo de movimiento. Así en la primera fase de fuerza máxima SJ y CMJ mejoran de forma pareja un $6,56 \pm 4,40\%$ y un $5,81 \pm 2,57\%$ respectivamente frente a un $4,97 \pm 6,76$ que lo hizo el tiempo de movimiento. Además mientras en CMJ había diferencias significativas entre T1 y T2, no sucedía lo mismo en SJ y en tiempo de movimiento. En la segunda fase, sin embargo, en la que se realizaba el entrenamiento complejo, mientras en SJ la mejora era de un $5,70 \pm 2,05\%$ y en CMJ la mejora era de un $5,67 \pm 3,95\%$, similares a las de la fase anterior, en tiempo de movimiento la mejora en esta fase era más del doble $12,78 \pm 4,05\%$. Existiendo diferencias significativas para SJ y tiempo de movimiento entre T2 y T3 y para las tres variables entre T1 y T3. Las mejoras en estas tres variables entre el inicio y el final del proceso han sido para SJ del $12,62 \pm 4,74\%$, para el CMJ $11,71 \pm 3,66\%$ y para el tiempo de movimiento el $17,04 \pm 8,10\%$. Esta gran diferencia entre la mejora observada en las pruebas de fuerza explosiva y las mejoras obtenidas en el tiempo de movimiento puede atribuirse al hecho de haber realizado el entrenamiento de fuerza inmediatamente antes del entrenamiento específico de esgrima lo que puede haber contribuido a la transferencia de las ganancias (Manolopoulos, Papadopoulos, Kellis, 2006; Sedano et al., 2009).

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Las evidencias encontradas en este estudio hacen necesario profundizar, con estudios adicionales, en los efectos del trabajo de fuerza sobre los tiradores de esgrima. Unas posibles líneas de investigación serían:

- Dado que el estudio se ha realizado con tiradores de espada comprobar si los efectos encontrados en el tiempo de movimiento, se producen en mayor o menor medida en tiradores de florete y sable.
- Analizar los efectos de programas de fuerza en función de sexo y edad. Aunque dados los tamaños de los grupos de entrenamiento hay una gran dificultad para formar grupos de investigación con grupo de trabajo y de control con un número de sujetos suficiente.
- Analizar los efectos de los programas de fuerza, realizando controles semanalmente, para conocer más en profundidad en que semanas los efectos de los distintos tipos de trabajo tienen efectos significativos y cuando y en qué proporción comienzan a perderse los efectos del trabajo realizado. Aspecto importante de cara a la planificación de las temporadas.
- Analizar los efectos que la mejora obtenida con el programa de fuerza tiene sobre el rendimiento en esgrima. Realizando una comparación de los resultados previos y posteriores al trabajo, además si se producen o no cambios tácticos en la forma de plantear los asaltos y cuáles son estos cambios.

6- CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos en el presente estudio, y en función de los objetivos planteados en su inicio, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. El programa de entrenamiento propuesto, de doce semanas de duración, contribuye a la mejora de la fuerza explosiva y máxima en tiradores de esgrima.
2. El trabajo de 6 semanas de entrenamiento de fuerza máxima, necesita otras 6 semanas de trabajo de fuerza explosiva para provocar mejoras significativas en el tiempo de movimiento.
3. Las mejoras en la fuerza explosiva provocan mejoras más que proporcionales en el tiempo de movimiento.
4. El trabajo de fuerza máxima y de fuerza explosiva planteado, no afecta al tiempo de reacción simple.
5. Las mejoras obtenidas, tanto en fuerza explosiva y máxima, como en tiempo de movimiento del fondo, pueden mantenerse durante varias semanas continuando con el entrenamiento regular de esgrima.
6. El programa de entrenamiento propuesto, de doce semanas de duración no registra diferencias significativas en el caso de las variables antropométricas.
7. Dado que el tiempo de movimiento en el fondo es una variable importante en el rendimiento de esgrima y que este mejora con el desarrollo de la fuerza. Es necesario por tanto, complementar el entrenamiento con programas específicos encaminados al desarrollo de la misma.
8. Ni el tiempo de reacción, ni el tiempo de movimiento pueden ser utilizados como indicadores indirectos de la carga de entrenamiento en esgrima.
9. El trabajo de fuerza máxima no afecta al tiempo de movimiento del fondo y por tanto puede ser utilizado en pleno periodo competitivo.

7- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, K., O'SHEA, J., O'SHEA, K., CLIMSTEIN, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric, and squat-plyometric training on power production. *Journal of Applied Sports Sciences Research*, 6(1), 36-41.
- ALONSO, C. J., SEDANO, S., DE BENITO, A. M., CUADRADO, G., Y REDONDO, J. C. (2010). *Validación de un test de medición del tiempo de reacción y movimiento en esgrima*. Ponencia presentada en el VI Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte, Elche, España.
- ALVAREZ, J.C (2010). Bases neuromusculares aplicadas al entrenamiento y evaluación de la velocidad en el deporte. En, F. Naclerio, (2011), *Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Madrid: Editorial médica panamericana.
- ALVAREZ, M., SEDANO, S., CUADRADO, G. Y REDONDO, J. C. (2012). Effects of an 18-Week Strength Training Program on Low-Handicap Golfers' Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1110-1121.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 992-1008.
- ARKAYEV V.A. (1980). *La esgrima*. La Habana: Editorial Orbe.
- ATHA, J. (1981) Strengthening muscle. *Exercise Sport and Science Rev.*, 9, 1-74.
- BARCELOS, J.L., MORALES, A.P., MACIEL, R.N., AZEVEDO, M.M.A., SILVA, V.F. (2009). Time of practice: a comparative study of the motor reaction time among volleyball players. *Fitness & Performance Journal*, Mar-Apr, 8(2), 103-109.
- BARTH, B., BECK, E., (2006). *The complete guide to fencing*. Ed. Meyer & Meyer Sport.
- BEHM DG., SALE, DG. (19993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J. Appl. Physiol.*, 74, 359-368.
- BEMBEN, D.A., FETTERS, N.L., BEMBEN, M.G., NABAVI, N., KOH, S. (2000). Musculoskeletal responses to high- and low-intensity resistance training in early post-menopausal women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1949-1957.
- BERGER, R. (1963). Effects of static and dynamic training on vertical jumping. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 34(4), 419-424.
- BERNIA, J. (1981). *Tiempo de reacción y procesos psicológicos*. Valencia: Nau Llibres.
- BORYSIUK, Z. (2008). The significance of sensorimotor response components and EMG signals depending in stimuli type in fencing. *Acta Univer.: palacki. Olomuc, Gym.*, 1, 43-51.
- BORYSIUK, Z., (2006). Complex evaluation of fencers predisposition in three stages of sport development. *Biology of Sport*, 23, nº1, 41-53.

- BORYSIUK, Z., NAWARECKI, D. (2008). New approach to talent identification in combat sports the case of fencing. *Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems Of Physical Training And Sports*, 7, 169-171.
- BORYSIUK, Z., WASKIEWICZ, Z. (2008). Information processes, stimulation and perceptual training in fencing. *Journal of human kinetics*, 19, 63-82.
- BOSCO, C. (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Deporte y entrenamiento. Barcelona: Paidotribo.
- BOSCO, C. (2000). La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Barcelona: INDE.
- BOSSINI, E. (1946). *La esgrima moderna*. Barcelona. Ed. Bosch.
- BOTWINICK, J., THOMPSON, L. (1966). Premotor and motor components of reaction time. *Journal of experimental psychology*, 71(1), 9-15
- BOUCHARD, C., BRUNELLE, G., GODBOUT, G. (1973)- *La préparation d'un champion*. Québec. Ed. Du Pélican.
- BRAITH, R.W., GRAVES, J.E., LEGGET, S.H.; POLLOCK, M.L. (1993). Effect of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(1), 132-138.
- BRESSAN, A., (1990). Fioretisti a confronto. *Rivista di Cultura Sportiva*, 19, 10-21.
- BRILL, P.A., MATTHEWS, M., MASON, J., DAVIS, D., MUSTAFA, T., MACERA, C. (1998). Improving functional performance through a group-based free weight strength training program in residents of two assisted living communities. *Physical and Occupational Therapy in Geriatrics*, 15 (3), 57-69.
- BRUNET, R., KELLER, D., MOREAUX, A. (1995). Effet de l'effort sur le temps de réponse simple et de choix en situation d'escrime. *Science & Sport*, 10, 215-217.
- CALDARONE, G., PELLICCIA, A., GAMBULI, N. (1983). Valori antropometrici, abitudini alimentari e parametri ematochimico in un gruppo di schermidori di elevato livello agonistico. In: Studi e ricerche di medicina dello sport applicata alla scherma. Pisa: Giardini Editore, : 51-63.
- CALDARONE, G., SARDELLA, F., DAL MONTE, A. (1983). La puissance anaérobie alactacide (M.P.A.A.) comme test pour l'évaluation physiologique des escrimeurs. *Cinésiologie*, 22, 37-40. Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).
- CARTER J. E. L., HEATH, B.H. (1990). *Somatotyping. Development and Applications*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- CARTER J. E. L.; AUBRI, D.A., SLEET, D.A. (1982). ONEYMAN HEATH, B. Somatotypes of Montreal Olympic Athletes. *Medicine and Sport*. 16, 25-80. Tomado de Iglesias (1997)
- CARTER, J.E.L. (1975). *The Heath – Carter Somatotype method*. San Diego: San Diego State University.

- CAVANI, V., MIER, C.M., MUSTO, A.A., TUMMERS, N. (2002). Effect of a six-week resistance-training program on functional fitness of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 10, 443-452.
- CHAN, J.S.Y., WONG, A.C.N. LIU, Y., YU, J., YAN, J.H. (2011). Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*, 5, 509-514.
- CHIROSA, L.J., CHIROSA, I.J., REQUENA, B., FERICHE, B., PADIAL, P., (2002). Efecto de diferentes métodos de entrenamiento de contraste para la mejora de la fuerza de impulsión en un salto vertical. *Revista Motricidad*, 8, 47-71.
- CHRISTINA, R. W., FISCHMAN, M. G., VERCRUYSEN, M. J., ANSON, J. G. (1982). Simple reaction time as a function of response complexity: Memory drum theory revisited. *Journal of Motor Behavior*, Vol 14(4), 301-321.
- CLARKE, H.H., GLINES, D. (1962). Relationships of reaction, movement, and completion times to motor, strength, anthropometric, and maturity measures of 13-year-old boys. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 33, 194-201. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- CLERY, R., (1965). *L'escrime aux trois armes*. París : Editions Amphora.
- CLUTCH, D., WILTON, M., MCGOWN, C., BRYCE, G. (1983). The effects of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 5-10.
- COE-RFEE (1993) *Esgrima*. Madrid: Editorial C.O.E.
- ÇOLAKOĞLU, H., AKGÜN, N., YALAZ, G., ERTAT, A. (1987). The Effects of Velocity Training on Aqustics and Visual Reaction Time. *The Journal of Sport Hekimliği*, 22, (1), 43.
- COMETTI, G. (1999). *Fútbol y musculación*. Barcelona: INDE: Barcelona.
- COMETTI, G. (2007). *Manual de pliometría*. Barcelona: Paidotribo.
- CROWE, M., O'CONNOR, D. (2001). Eye colour and reaction time to visual stimuli in rugby league players. *Perceptual and Motor Skills* 93, 455-460.
- DAMAS J.S., MORENO F.J., REINA, R.L., DEL CAMPO V. (2004). Presentación de un sistema automatizado para el análisis de la eficacia de los receptores en voleibol. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 11, 105-119.
- DAVRANCHE, K., HALL, B., MCMORRIS, T. (2009). Effect of acute exercise on cognitive control required during an eriksen flanker task. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31, 628-639
- DE LUCA, C.J. (1984). Myoelectrical manifestations of localized muscular fatigue in humans. *Critical Reviews in Biomedical engineering*, 11(4), 251-279.

- DELGADO, A., PERES, G., GOIRIENA, J. J., VANDEWALLE, H. y MONOD, H. (1992). Evaluación de las cualidades anaerobias del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*; 34, 159-163.
- DEVIENCE, MF., AUDIFFREN, M., RIPOLL, H., STEIN JF. (2000). Local muscular fatigue and attentional processes in a fencing task. *Perceptual And Motor Skills*, 90, 315-318.
- DIALLO, O., DORE, E., DUCHE, P., VAN PRAAGH, E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J. Sport Med. Phys. Fitness*, 41, 342-348.
- DONSKOI, D, ZATSIORSKI, V., (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos. Manual*. La Habana: Ed. Pueblo y Educación.
- DOUVIS, A., TSIGGANOS, G., SMIRNIOTOU, A., ZACHAROGIANNIS, E. (2011). Stretching has no effect on flexibility and specific kinetic patterns of fencing performance. *I. J. Fitness*. 2011, 7, Issue 1, 13-20.
- DROUIN, D., LARIVIÈRE, G. (1974). Le temps de réaction et le temps de mouvement des gardiens de buts. *Mouvement*, 9(1), 21-25. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- DUVAN, A., TOROS, T., SENEL, O. (2010). Maksimal yüklenme yoğunluğunun elite Türk eskrimcilerin görsel reaksiyon zamanları üzerine etkisi. *Nigde University Journal of Physical Education and Sport Sciences*, 3, 146:151.
- EIBEN, O.G. (1990). *Recent data on variability in physique: some aspects of proportionality*. In: Kinanthropometry II. OSTYN M, BEUNEN G, SIMONS J (Eds). Baltimore: University Park Press. Tomado de Sterkowicz-Przybycień (2009)
- ESPARZA, F., ALVERO, J.R., ARAGONÉS, M.T., CABAÑAS, M.D., CANDA, A., CASAJÚS, J.A., CHAMORRO, M., GALIANO, D., GONZÁLEZ, J.M., PACHECO, J.L., PORTA, J., RODRÍGUEZ, F., TEJEDO, A. (1993). *Manual de Cineantropometría*. Monografías FEMEDE: Navarra.
- EVANS, W.J. (1999). Exercise training guidelines for the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(1), 12-17.
- F.I.E. (Federación Internacional de Esgrima). (2013). Reglamento para las pruebas. Lausana: Ed. F.I.E.
- FATOUROS, I.G., JAMURTAS, A.Z., LEONTSINI, D., TAXILDARIS, K., AGGELOUSIS, N., KOSTOPOULOS, N., BUCKENMEYER, P. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J. Strenght Cond. Res.*, 14, (4), 470-76.
- FAULKNER, J.A. (1968). *Physiology of swimming and diving*. En: Human Exercise Physiology (Editado por Falls, H.). 415-45. Baltomire: Academic Press.

- FRONTERA, W.R., MEREDITH, C.N. O'REILLY, K.P., KNUTGEN, H.P., EVANS, W.J. (1988). Strength and conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *Journal of Applied Physiology*, 68, 1038-1044.
- FRY, A.C., KRAEMER, W.J., WESEMAN, C.A., CONROY, B.P., GORDON, S.E., HOFFMAN, J.R., MARESH, C.M. (1991). The effect of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women intercollegiate volleyball. *Journal Appl. Sport Scien. Nov/Dec 5 Issue 4*, 174-181.
- GARCÍA MANSO, J.M., NAVARRO, M., RUIZ J.A., MARTÍN, R. (1998). La velocidad: la mejora del rendimiento en los deportes de velocidad. Madrid: Gymnos.
- GARCÍA MANSO, J.M., NAVARRO, M., RUIZ, A. (1996). Bases teóricas del entrenamiento deportivo. Principios y aplicaciones. Madrid: Gymnos.
- GARCÍA-LÓPEZ, J., PELETEIRO, J., RODRIGUEZ-MARROYO, J.A., MORANTE, J.C., HERRERO, J.A., VILLA, J.G. (2005). The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 294-302.
- GHLOUM, K., HAJJI, S. (2011). Comparison of diet consumption, body composition and lipoprotein lipid values of Kuwaiti fencing players with international norms. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8 (1), 13.
- GOLDSPINK, G., HARRIDGE, S. (1992). Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. En: Strength and power in sport. Editado por Komi, P. Blackwell scientific publication. Capítulo 12., pp: 211-229.
- GONZÁLEZ BADILLO, J.J., GOROSTIAGA, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: aplicación al rendimiento deportivo*. EDITORAL INDE.
- GRABOWSKA A. (1994). Left-handedness and lateralization of visual-spatial functions in the brain. *Przeegląd Psychologiczny*, 3, 301-312. Tomado de John et al, (2013).
- GUTIÉRREZ-DÁVILA, M., ROJAS, F.J., ANTONIO, R., NAVARRO, E. (2013). Effect of target change during the simple attack in fencing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84, 16-23.
- HÄKKINEN, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *J Sports Med Phys Fitness* 29: 9–26.
- HÄKKINEN, K., KOMI, P. V., TESCH, P.A. (1981). Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining on force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 3(2), 50-58.

- HÄKKINEN, K., KOMI, P.V., ALLEN, M., KAUKANEN, H. (1987). EMG, muscle fibre and force production characteristics during a 1-year training period in elite weightlifters. *European Journal of Applied Physiology*, 56, 4, 419-427.
- HARMAN, E. (1993). Strength and power: a definition of terms. *N. Strength Condition. A. J.*, 15 (6), 18-20.
- HARMENBERG J., CECI R., BARVESTAD P., HJERPE K., NYSTRÖM J. (1991). Comparison of different test of fencing performance. *International Journal Of Sport Medicine*, 12, 573-56.
- HENRY, F.M., ROGERS D.E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a "memory drum" theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education & Recreation*, 31, 448-458. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- HERBORT, O., BUTZ, M.V. (2009). Anticipatory Planning of Sequential Hand and Finger Movements. *Journal of Motor Behaviour*, 41, (6), 561-569.
- HERMASSI, S., CHELLY, M.S., FATHLOUN, M., SHEPHARD, R.J., (2010). The effect of heavy vs. Moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity un male handball players. *Journal of Strength and Cond. Research*, 24, (9), 2408-2418.
- HOFFMAN, J.R., WENDELL, M., COOPER, J., KANG, J. (2003). Comparison between linear and nonlinear in season training programs in freshman football players. *J Strength Cond Res*. 17, (3), 561-565.
- IGLESIAS, X. (1997). *Valoració funcional específica en l'esgrima*. Tesis de doctorado. Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- IGLESIAS, X. (1998). *Valoració funcional específica en l'esgrima* (dissertation). Barcelona: University of Barcelona. Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).
- IGLESIAS, X., RODRÍGUEZ, F.A. (1991). Perfil funcional del esgrimista de alto rendimiento. *Revista de Investigación y Documentación las Ciencias de la Educación Física*, 18, 38-52.
- IZQUIERDO, J. (2011). Efectos sobre variables antropométricas y de fuerza de dos programas de entrenamiento de contrastes a corto plazo en jugadores jóvenes de deportes colectivos. Tesis de doctorado. Departamento de Educación Física y Deportiva, Universidad de León, León, España.
- IZQUIERDO, M; AGUADO, X. (1997). Estimación de la producción explosiva de fuerza: Consideraciones y tópicos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14, (62) 493-503.

- JADLOWSKI, K.I. (1980). Les effets d'une activité physique intense sur le temps de réaction des escrimeurs. *Traduction Insep: n° 352 (Teorija praktika fiziceskoj kuturly) (URSS) 1980, 10, 15-16.*
- JEFIMOWA I.W., KUPRIJANOW W.A. (1995). Functional asymmetry and its importance in sports practice. *Teoria i Praktika Fiziceskoj Kultury 2, 23-24.* [in Russian]. Tomado de Johnne et al, (2013).
- JOHNE, M., POLISZCZUK, T., POLISZCZUK, D., DABROWSKA-PERZYNA, A. (2013). Asymmetry of complex reaction time in female épée fencers of different sports classes. *Pol. J. Sport Tourism, 20, 25-29.*
- JUÁREZ, D., LÓPEZ DE SUBIJANA, C., DE ANTONIO R., GONZÁLEZ, P., NAVARRO, E. (2008). Valoración de la fuerza explosiva en esgrima. *Biomecánica, 16 (2), 66-74.*
- KELLER, L.F. (1942). The relation of "quickness of bodily movement" to success in athletics. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education & Recreation. 2, 146-55.* Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- KLAPP, S. T. (1995). Motor response programming during simple choice reaction time: The role of practice. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance. 21(5), Oct, 1015-1027.*
- KLINGER, A.K., ADRIAN, M.J. (1983). *Target impact forces during the fencing lunge.* Proceedings of eight International Congress of Biomechanics. Nagoya. Japón. Proceeding, Champaign: Human Kinetics. 882-888. Tomado de Merino, (2013).
- KOSLOW, R.E. (1985). Peripheral reaction time and depth perception as related to ball color. *Journal of Human Movement Studies, 11, 125-143.* Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- KURS, D.M., WAPNER, S., WERNER, H. (1958). Studies in vicariousness: the effect of muscular involvement on visual threshold. *American Journal of Psychology. 71, 395-398.*
- KUZNETSOV, V.V. (1984). Metodología del entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto nivel. EDITORIAL STADIUM S.R.L.
- LACAZE, P. (1991) *En garde. Du duel a l'escrime.* Evreux: Gallimard
- LANDETA, J., MATEY, J., RUIZ, V. Y VILLARREAL, O. (2002). Alimentación de modelos cuantitativos con información subjetiva: Aplicación Delphi en la elaboración de un modelo de imputación de gasto turístico individual en Catalunya. *Qüestió, 26, 1-2, 175-196.*
- LAVOIE JM., LEGER L., PITRE R, et al. (1985). Competitions d'escrime: epee. Analyse des durees et distances de déplacement. *Med du Sport, 59, 279-83.* Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).

- LAVOIE, J.M., LEGER, L., MARINI, J.F. (1984). Comparaison anthropométriques et physiologiques de deux niveaux d'escrimeurs compétitifs. *La Revue Québécoise de l'Activité Physique*. 3 (2), 91-95. Tomado de Iglesias. (1997).
- LEGROS, P., DELIGNIERES, D., DURAND, M., BRISSWALTER, J. (1992). Influence de l'effort physique sur le temps de réaction simple et de choix chez des basketteurs de haut niveau. *Science & Sports*, 7, 9-14.
- LESEUR, H. (1989). Étude des réactions visuo-motrices chez des escrimeurs de haut niveau au cours d'une étape d'entraînement. *Science et motricité*, 8, 47-52. Tomado de Martínez de Quel, (2003)
- LI, JX., SO, RCH., YUAN, YWL., et al. (1999). *Muscle strain and cardiovascular stress in fencing competition*. Proceedings of the 5th IOC World Congress on Sports Sciences: Oct 31-Nov 5: Sydney: 222. Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).
- LLORENTE, A. (1985) *La Esgrima*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- LÓPEZ-CALBET, J.A., ARTEAGA, R., CHAVARREN, J., DORADO, C. (1995). Comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento (I). *Aspectos biomecánicos*. *Archivos de Medicina del Deporte*, 12 (48), 301-09.
- LÓPEZ, E. (2008). *El tocado con fondo en la esgrima de alto nivel*. Estudio biomecánico del fondo en competición. El golpe recto clásico. Tesis de doctorado. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- MAFFIULETTI, NA, DUGNANI, S, FOLZ, M, DI PIERNO, E.; MAURO, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med. Sci. Sports Exerc.* 34:1638-1644.
- MANNO, R. (1999). El entrenamiento de la fuerza. Bases teóricas y prácticas. INDE: Barcelona.
- MANOLOPOULOS, E., PAPADOPOULOS, C., SALONIKIDIS, K., KATARTZI, E., POLUHA, S. (2004). Strength training effects on physical conditioning and instep kick kinematics in young amateur soccer players during preseason. *Percept Motor Skills*, 99: 701-710
- MARINA, M., PADULLES, J.M., BUSQUETS, A., MORENO, D., USACH, R, BENITEZ, A., CARRASCO, M., IRURTIA, A., TARRAGO, R., VALLEJO, L., IGLESIAS, X. (2008). *Leg strength testing in young catalan fencers*. Book of Abstracts. 1st International Congress on Science and Technology in Fencing. Barcelona. 82-85.
- MARINI, H. F. (1984). Analyse des assauts d'escrime. Considérations énergétiques. Evaluation de la valeur physique. *Travaux et Recherches en E.P.S. Paris: INSEP*.

- MARTÍNEZ DE QUEL, O. (2003) *El tiempo de reacción visual en el kárate*. Tesis de doctoral. Instituto Nacional de Educación Física, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- MARTÍNEZ DE QUEL, O., LÓPEZ, E., SILLERO, M., SAUCEDO, F. (2011). La toma de decisión en tareas de entrenamiento de esgrima y su relación con el tiempo de reacción. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 7 (Suppl.) 3-12.
- MARZILLI, T.S, HUTCHERSON, A.B. (2002). Nicotine deprivation effects on the dissociated components of simple reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3), 985-995.
- MATIEGKA, J. (1921). The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4, 223-30.
- McDONAGH, M.J.N.; DAVIES, C.M.T.(1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal Applied Phys.*, 52, 2, 139-155.
- MERINO, J.R. (2013). Análisis de la influencia de la estimulación con vibraciones en la respuesta neuromuscular en competidores de esgrima. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte- INEF, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- MICKEVIČIENĖ, D., MOTIEJŪNAITĖ, K., SKURVYDAS, A., DARBUTAS, T., KARANAUSKIENĖ, D. (2008). How do reaction time and movement speed depend on the complexity of the task? *Ugdymas Kūno Kultūra Sportas Nr. 2 (69); 2008; 57-62*.
- MOREAUX, A., CHRISTOV, C., MARINI, JF., (1987). Un outil d'évaluation et de suivi des qualités perceptivo-motrices de l'escrimeur. *Science et motricité*, 1, 53-55.
- MORI, S., OHTANI, K., IMANAKA, K. (2002) Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*, 21, 213-230.
- MOUELHI, S., BOUZAOUACH, I., TENENBAUM, G., BEN KHEDER, A., FEKI, Y., BOUAZIZ, M. (2006). Simple and choice reaction times under varying levels of physical load in high skilled fencers. *Journal of Sports Medicine Physical Fitness*, 46, (2), 344-351.
- NEWTON, R.V, KRAEMER, W.J. (1994). Developing explosive muscular: implications for a mixed methods training strategy. *Strength and conditioning (N.C.S.A)*, 16(5), 20-31.
- NEWTON, U.R, KRAEMER, W.J, HÄKKINEN, K. (1999). Effect of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31 (2), 323-30.
- NOA, C.H. (2007). Criterios para la selección de talentos en deportes de combate. *Revista Digital*, Año 11 Nº 104.

- NOUGIER, V., STEIN, J.F., AZEMAR, G., (1990). Covert orienting of attention and motor preparation processes as a factor success in fencing. *Journal of human movement studies*, 19, 251-272.
- OLASO, S, MARTÍNEZ, J, PLANAS, A. (2004). Variación de la potencia de la extremidad inferior en jugadoras de balonmano de alta competición. *Apunts Educación Física y Deportes*, 76, 35-42.
- ORTIZ CERVERA, V., GUE, N., NAVARRO, J.A., POLETAEV, P., RAUSELL, L. (1996). *Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*. INDE: Barcelona.
- PAIN, M.T.G., HIBBS, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sports Sciences*, January 1st, 25(1), 79-86.
- PÉREZ-TEJERO, J., SOTO-REY, J., ROJO-GONZÁLEZ, J. J. (2011). Estudio del tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 27, 149-162.
- PIERSON, W.R. (1956). Comparison of fencers and non-fencers by psychomotor, space perception and anthropometric measures. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education & Recreation*, 27, 90-96.
- PIETER, W., BERCADES, L.T. (2009). Somatotypes of national elite combative sport athletes. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 3, (1), 21-30.
- PLATONOV, V., BULATOVA, M. (2007). *La preparación física*. EDITORIAL PAIDOTRIBO.
- POLHEMUS, R., BURKHARDT, E., OSINA, M., PATTERSON, M. (1980). The effects of plyometric training drills on the physical strength gains of collegiate football players. *NSCA journal*; 2 (5), 13-15.
- POTTEIGER, J.A., LOCKWOOD, R.H., HAUB, M.D., DOLEZAL, B.A., ALMUZAINI, K.S., SCHROEDER, J.M., ZEBAS, C.J. (1999). Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *J. Strenght Cond. Res.* 13 (3), 275-79.
- R.F.E.E. (2010). Reglamento Técnico de Competición. F.I.E. 2010.
- RAMOS, L., ALMENARES, E. (2010). Aplicación de un programa de electro estimulación dinámica en esgrimistas de la preselección nacional juvenil. *Revista Cubana de Medicina del Deporte*, 5, (1).
- RANGEL, H., GONZÁLEZ, M., SEBRANGO, C. (2003). Entrenamiento mental en patinadores escolares: su influencia en el mejoramiento del rendimiento físico. *Lecturas: Educación Física y Deportes [revista digital]*, Enero, 8 (56), [10 páginas].

- REDONDO, J.C., ALONSO, C.J., SEDANO, S., DE BENITO, A.M. (2013). Validación de un protocolo para la medición del tiempo de reacción y tiempo de movimiento en esgrima. *Motricidad. European Journal of Human Movement*, 30, 1-21, 2-12.
- RITTEL HF., WAIERLOH E. 1975. Telemetrische Untersuchungen beim Fechttraining. *Leistungssport*, 5, I, 16-21. Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).
- ROCA J. (1983). *Tiempo de reacción y deporte*. Barcelona. Generalitat de Catalunya-INEF.
- ROCA, J. (1997) *Capítulo 2 Psicología del deporte*. (1997). Madrid: Editorial Síntesis, S.A. NO TENGO MUY CLARO QUE ESTE BIEN.
- ROCHA, M.S.L. (1975). Peso ósseo do brasileiro de ambos sexos de 17 a 25 años. *Arq. Anat. Antropol.*, 1, 445-51.
- RODRIGUEZ, C., SÁNCHEZ, G., GARCIA, E., MARTINEZ, M., CABRERA, T. (1986). Boletín Científico-técnico, Inder Cuba, 1/2, 6. Tomado de Sterkowicz-Przybycień. (2009).
- RODRÍGUEZ, D., GARCÍA-MANSO, J.M. (1997). Efecto de dos modelos de entrenamiento de la fuerza especial en voleibol: Aplicación práctica de dos temporadas en el C.V. Gran Canarias. *Archivos de Medicina del Deporte*. 14 (57), 25-31.
- ROI, G., BIANCHEDI, D. (2008). Science of Fencing. Implications for Performance and Injury Prevention. *Sports Medicine*, June, 38, (6), 465-481.
- RONNESTAD, B.R., KVAMME, N.H., SUNDE, A., RAASTAD, T. (2008). Short-term effects of strength and plyometric training on sprint and jump performance in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(3), 773-780.
- ROOSEN, A., COMPTON, G., SZABO, A. (1999). A device to measure choice reaction time in karate. *Sports engineering*, 2, 49-54. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- SALE, D.G. (1993). Determining factors of strength. . Part I. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 15, 1, 9-22.
- SAUCEDO, F. (1997). *Jerónimo Sánchez Carranza y la escuela española de Esgrima*. Tesis de doctorado. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- SCHIMIDTBLEICHER, D. (1988). Resultados y métodos de investigación del entrenamiento de fuerza rápida. *Actas de fuerza rápida*. Málaga. Tomado de Chiroso et al., (2002).
- SEDANO, S., VAEYENS, R., PHILIPPAERTS, R., REDONDO, J.C., DE BENITO, A.M.; CUADRADO, G. (2009). Effects of lower-limb plyometric training on body

- composition, explosive strength and kicking speed in female soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 23, (6), 1714-1722.
- SIFF, M.C; VERKHOSHANSKY, Y. (2000). *Superentrenamiento*. Paidotribo: Barcelona.
- SILLERO, M., SAUCEDO, F., LOPEZ, E., MARTINEZ DE QUEL, O. (2008). *Reaction time on fencing and karate high level athletes*. Book of Abstracts. 1st International Congress on Science and Technology in Fencing. Barcelona. 89-91.
- SOARES, R., FERNANDES, J. (2005). Identification of dermatoglyphics, somatotype and basic physical qualities profile of feminine brazilian fencing team. *Fitness Performance J*, 4, 1, 34-44.
- STERKOWICZ-PRZYBYCIEŃ, K. (2009). Body Composition and Somatotype of the Elite of Polish Fencers. *Collegium Antropologicum*, 33, 3, 765–772.
- STULL, G., KEARNEY, J. (1978). Effects of variable fatigue levels on reaction-time components. *Journal of motor behaviour*, 10, 223-231
- SZABÓ, L. (1977). *Fencing and the Master*. Ed. Corvina.
- THIRIOUX, P. (1970). *Escrime moderne aux trois armes*. París. Ed. Amphora.
- THOMAS, J. R., LOCHBAUM, M. R., LANDERS, D. M. Y HE, C. X. (1997). Planning significant and meaningful research in exercise science: Estimating sample size. *Research quarterly for exercise and sport*, 68(1), 33-43.
- TOMPOROWKI, P.D., ELLIS N.R. (1986). Effects of exercise on cognitive processes: a review. *Psychological bulletin*, 99, 338-346.
- TORUN, V., INCE, G., DURGUN, B. (2012). The effects of basic fencing studies and velocity training on reaction time in the 9–12 year-old beginners of fencing. *Sport Science*, 5, (1), 59–66.
- TOURMI, H., BEST, T.M., MARTIN, A., GUYER, S.F., POURMARAT, G. (2004). Effects of eccentric phase velocity of plyometric training on the vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, 25(5), 391-98.
- TSOLAKIS, C., BOGDANIS, G.C., NIKOLAOU, A., ZACHAROGLIANNIS, E. (2011). Influence of type of muscle contraction and gender on postactivation potentiation of upper and lower limb explosive performance in elite fencers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 577-583.
- TSOLAKIS, C., BOGDANIS, G.C., VAGENAS, G. (2006). Anthropometric profile and limb asymmetries in young male and female fencers, *J. Hum. Move. Stud.*, 50, (3), 201-215. Tomado de Pierte (2009) y de Roi y Bianchedi (2008).
- TSOLAKIS, C., KOSTAKI E., VAGENAS, G., (2010). Anthropometric, flexibility, strength-power, and sport-specific correlates in elite fencing. *Perceptual and Motor Skill*, 110, (3), 1015-1028.

- TSOLAKIS, C., TSIGANOS, G. (2008). The influence of training on neuromuscular factors in elite and non elite fencers. *Servian Journal of Sports Sciences*, 2, 1-4, 59-65.
- TSOLAKIS, C., VAGENAS, G., (2010). Anthropometric, Physiological and Performance Characteristics of Elite and Sub-elite Fencers. *Journal of Human Kinetics volume*, 23, 89-95.
- TUDELA, P. (1989). *Tiempo de reacción*. En: Tudela P. Psicología Experimental. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia; 1989 (4ª edición). 15-32. Tomado de Martínez de Quel (2003).
- TURNER, A., MILLER, S., STEWART, P., CREE, J., INGRAM, R., DIMITRIOU, L., MOODY, J., KILDUFF, L. (2013). Strength and Conditioning for Fencing. *Strength and Conditioning Journal*. 35, (1), 1-9.
- TWEIT, A.H., GOLLNICK, P.D., HEARN, G.R. (1962). Effect of Training Program on Total Body Reaction Time of Individuals of Low Fitness. *The Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education & Recreation*, 34, 508-513. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- VANDER L, BARRY F. WRISLEY D. et al.(1984). Physiological profile of national-class national collegiate athletic association fencers. *JAMA* 252, 500-3. Tomado de Roi y Bianchedi, (2008).
- VANDER, L., FRANKLIN, B., WRISLEY, D., SCHERF, J., RUBENFIRE, M., KOGLER, A. (1984): Physiological profile of national-class National Collegiate Athletic Association Fencers. *JAMA*, 252, (4), 500-503. Tomado de Roi y Bianchedi (2008).
- VELEZ, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts. Medicina de l'esport*, , 112, 139-156.
- VERKHOSHANSKY, YV (1996). Componenti e struttura del l'impegno esplosivo di forza. *Rivista di Cultura Sportiva*, 34, 15-21.
- VOLKOV, VM., FILIN, VP. (1989). *El problema del talento deportivo*. Moscú. Editorial Fisicultura Sport.
- WATERLOH, E., RITTEL, H., NEISEL, G., LEIDE, E. (1975). La charge physique pendant la compétition d'escrime. *Cinésiologie*, 56, 31-36.
- WEICHENBERGER, M., LIU, Y., STEINACKER, J. M. (2012). A test for determining endurance capacity in fencers. *International Journal of Sports Medicine*, 33, 48–52. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- WESTERLUND, J.H., TUTTLE, W.W. (1931). Relationship between running events in track and reaction time. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education & Recreation*, 2, 95-100.

- WILLIAMS, L.R.T., WALMSLEY, A. (2000a). Response amendment in fencing: differences between elite and novice subjects. *Perceptual And Motor Skills*, 91, 131-142.
- WILLIAMS, L.R.T., WALMSLEY, A. (2000b). Response timing and muscular coordination in fencing: a comparison of elite and novice fencers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3 (4), 460-475.
- WILLOUGHBY, D. (1992). A comparison of three selected weight training programs on the upper and lower body strength of trained males. *Appl. Res. Coach & Athl. Am.*, March, 124-146.
- WOOD, G.A. (1977). An electrophysiological model of human visual reaction time. *Journal of Motor Behaviour*, 9, (4), 267-274. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- WOODWORTH, R., SCHLOSBERG, H. (1954). *Psicología experimental*. Buenos Aires. Eudeba. Tomado de Martínez de Quel, (2003).
- WÜRCH, A. (1974). La femme et le sport. *Med. Sport.*, 4, 441-445.
- YIOU, E.; DO, M.C. (2000). In fencing, does intensive practice equally improve the speed performance of the touche when it is performed alone and in combination with the lunge? *International Journal of Sports Medicine*, 21, 2, 122-126.

9- ANEXOS

ANEXO Nº 1: Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio

Tras haber sido correctamente informado/a por escrito de los objetivos del estudio titulado “Validación de un protocolo de medición del tiempo de reacción y del tiempo de movimiento”, acepto de forma voluntaria la participación en el mismo.

Y para que así conste firmo el presente documento en,

_____ a _____ de _____ de 20__

Firma

Nombre del deportista:

Club: Valladolid Club de Esgrima

ANEXO Nº 2: Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio

Tras haber sido correctamente informado/a por escrito de los objetivos del estudio titulado "*Análisis de la evolución del tiempo de reacción visual y del tiempo de movimiento en las competiciones en tiradores de espada. Intervención sobre el tiempo de respuesta y su influencia como factor de rendimiento*", acepto de forma voluntaria la participación en el mismo.

Y para que así conste firmo el presente documento en,

_____ a _____ de _____ de 20__

Firma

Nombre del deportista:

Club: Valladolid Club de Esgrima

ANEXO Nº 3: Documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio

Tras haber sido correctamente informado/a por escrito de los objetivos del estudio titulado “Influencia de un programa de entrenamiento de la fuerza en el tiempo de movimiento en tiradores de esgrima de élite nacional”, acepto de forma voluntaria la participación en el mismo.

Y para que así conste firmo el presente documento en,

_____ a _____ de _____ de 20__

Firma

Nombre del deportista:

Club: Valladolid Club de Esgrima

ANEXO Nº 6: Hoja de registro de datos personales y deportivos.

NOMBRE Y APELLIDOS: _____

FECHA DE NACIMIENTO: _____

CLUB DEPORTIVO AL QUE PERTENECE: _____

AÑOS DE EXPERIENCIA EN ESGRIMA CON LICENCIA FEDERATIVA: _____

PUESTO EN RANKING CATEGORIA PROPIA: _____

PUESTO EN RANKING CATEGORIA SUPERIOR: _____

PARTICIPACIONES EN PRUEBAS INTERNACIONALES: _____

ZURDO O DIESTRO: _____

OBSERVACIONES: _____

Ficha para tiradores

ANEXO N° 7: Hoja de registro de datos entrenamiento.

Normas para cumplimentar la planilla:

PESAS: Si solo se hace el trabajo marcado colocar una cruz en la casilla de PESAS

Si se cambia algo en algún ejercicio de los marcados especificar LO REALIZADO

Si se hace algo no marcado especificarlo

ESGRIMA

Individual: Tiempo de trabajo

Colectivo: Tiempo de trabajo

Poule: Especificar asaltos tirados a 5 tocados y a 15 tocados. Ejemplo: 6x5, 2x15.

Competición: Especificar, igual que en la, Poule los asaltos tirados

FÍSICO: Si se ha realizado otro físico distinto del de PESAS, especificar el trabajo y el tiempo

OBSERVACIONES: Cualquier incidencia que deba ser tenida en cuenta: Concentraciones, viajes, lesiones, enfermedades, etc.

Fecha	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M
PESAS																							
Sentadillas																							
Press																							
Gemelos																							
Otros																							
ESGRIMA																							
Individual																							
Colectivo																							
Poule																							
Competición																							
FÍSICO:																							
OBSERVACIONES:																							

ANEXO N° 8: Hoja de registro de datos fuerza máxima.

[illegible]