

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE



**ESTUDIO DE LAS VARIABLES DE EQUILIBRIO, FUERZA Y
ANTROPOMETRÍA DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO
EN TIRO OLÍMPICO EN LA MODALIDAD DE PISTOLA AIRE**

TESIS DOCTORAL

DANIEL MON LÓPEZ

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

2016

DEPARTAMENTO DE DEPORTES

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

**ESTUDIO DE LAS VARIABLES DE EQUILIBRIO, FUERZA Y
ANTROPOMETRÍA DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO
EN TIRO OLÍMPICO EN LA MODALIDAD DE PISTOLA AIRE**

DANIEL MON LÓPEZ

LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Directores:

Dr. D. Carlos A. Cordente Martínez. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del
Deporte. Universidad Politécnica de Madrid.

Dra. Dña. María S. Zakynthinaki. Doctora en Matemáticas.
Universidad Técnica de Creta.

2016

TRIBUNAL DE LA TESIS

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día

Presidente D./Dña _____

Vocal D./Dña _____

Vocal D./Dña _____

Vocal D./Dña _____

Secretario/a D./Dña _____

Realizado el acto de defensa y lectura de tesis el día, _____

en _____

Calificación: _____

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

*«Según vamos adquiriendo conocimiento,
las cosas no se hacen más comprensibles,
sino más misteriosas.»*

Albert Schweitzer (1875-1965)

AGRADECIMIENTOS

A los deportistas, sin quienes sin duda esta tesis no podría haberse realizado y quienes son en el fondo los que inspiraron mi búsqueda de la perfección al igual que ellos lo hacen en su deporte.

A Javier Sampedro quien desde el principio ha tratado de ayudarme y aconsejarme en este difícil mundo de la ciencia.

A mi director de Tesis, Carlos Cordente quien claramente ha sabido llevar esta tesis con el objetivo de encontrar cosas que realmente me sirvieran para mejorar y entender mejor el tiro olímpico y a darle un sentido práctico a la misma.

A mi codirectora de Tesis, María Zakyntthinaki, quien ha sido “vital” en el desarrollo de la misma ayudándome con todo y especialmente con los cálculos matemáticos necesarios para el desarrollo de la misma, obviamente esta tesis también es tuya María.

A Maribel Barriopedro, que ha sido quien me ha enseñado y quien ha estado ayudándome desde que empecé el máster con los aspectos estadísticos de la misma siempre que lo he necesitado sin poner pega alguna.

A todos los docentes que han estado durante mi proceso de aprendizaje, pues han sido parte de lo que hoy soy, especialmente a Antonio Lisón, pues el marcó un antes y un después en mi visión del profesorado y quien ha sido para mí un referente en docencia.

A la RFEDETO por la ayuda que me brindó cuando empecé a tomar datos durante los campeonatos facilitándome ayuda al liberarme de mi tarea principal administrativa y posibilitando que me centrara en analizar el rendimiento.

A toda mi familia y sobre todo a mi hijo, que es mi mayor motivación y el motor que me impulsa a seguir mejorando para ser el mejor ejemplo que pueda tener en el futuro.

Dejo para el final y no por ello menos importante sino todo lo contrario, a mis padres, pues si tengo claro algo, es que soy quien soy gracias a ellos. Son ellos quienes me han dado la educación que tengo y son ellos a quien más tengo que agradecer que esta tesis esté acabada.



Carlos Alberto Cordente Martínez

Profesor Titular

Departamento de deportes

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Universidad Politécnica de Madrid

EXPONE:

Que, como director durante el periodo 2011-2016 de la tesis doctoral titulada **“Estudio de las variables de equilibrio, fuerza y antropometría determinantes del rendimiento en tiro olímpico en la modalidad de pistola aire”**, cuyo autor es **D. Daniel Mon López**, considero que la misma cumple con todos los requisitos necesarios para poder proceder a su defensa. Por ello, autorizo que se articulen los trámites necesarios para que se pueda llevar a cabo la citada defensa.

En Madrid, a 23 de abril de 2016

Fdo. Carlos A. Cordente Martínez

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	IX
ÍNDICE.....	XIII
ÍNDICE GENERAL	XV
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
ÍNDICE DE FIGURAS	XXIII
ABREVIATURAS	XXV
RESUMEN.....	XXVII
ABSTRACT	XXIX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación	3
1.2 Antecedentes históricos del tiro olímpico	4
1.3 Modalidades.....	5
1.3.1 Plato	5
1.3.2 Precisión	5
1.3.3 Armas históricas.....	6
1.3.4 Recorridos de tiro	6
1.3.5 Alta precisión.....	6
1.3.6 F-class	7
1.4 Pistola aire.....	8
1.4.1 Aspectos reglamentarios	8
1.4.2 Aspectos técnicos.....	12
1.4.2.1 Posición	12
1.4.2.2 Ejecución de un disparo	17
1.5 Marco teórico	19
1.5.1 Parámetros antropométricos	21
1.5.2 Parámetros de experiencia en tiro y entrenamiento.....	21
1.5.2.1 Entrenamiento.....	22
1.5.2.2 Experiencia	25
1.5.3 Parámetros fisiológicos	26
1.5.3.1 Temblor muscular.....	26
1.5.3.2 Sistemas cardiovascular y respiratorio	28
1.5.3.2.1 Sistema cardiovascular	28

1.5.3.2.2	Sistema respiratorio.....	30
1.5.4	Parámetros técnicos (estabilidad del arma)	31
1.5.4.1	Estabilidad del arma en la zona de disparo.....	31
1.5.4.2	Relación directa entre rendimiento deportivo y parada	32
1.5.4.3	Relación entre rendimiento deportivo, parada y estabilidad corporal.....	32
1.5.4.4	Relación entre la dirección de los movimientos de la parada y el rendimiento	33
1.5.4.5	Relación entre la velocidad de los movimientos de la parada y el rendimiento	33
1.5.4.6	Relación entre la presión al disparador, la parada y el rendimiento	34
1.5.4.7	Relación entre el grado de activación cerebral y la parada.....	34
1.5.4.8	Relación entre las dimensiones y el peso del arma y la parada.....	35
1.5.5	Parámetros de condición y ejercicio físico	35
1.5.5.1	Fatiga y ejercicio.....	35
1.5.5.2	Acondicionamiento físico general	37
1.5.5.3	Fuerza	38
1.5.5.3.1	Fuerza flexora de los dedos.....	38
1.5.5.3.2	Fuerza abductora del hombro.....	40
1.5.5.4	Equilibrio	40
1.5.6	Parámetros psicológicos.....	44
1.5.7	Relaciones entre variables	48
1.5.7.1	Relación entre el movimiento del centro de presiones y el movimiento del arma.....	48
1.5.7.2	Relaciones entre antropometría y movimiento del COP	49
1.5.7.3	Fuerza y antropometría.....	49
1.5.7.4	Equilibrio y peso	50
1.5.8	Validación de la prueba de medición de equilibrio en tiro sin necesidad de utilización del arma.....	51
2	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	53
2.1	Hipótesis	55
2.2	Objetivos	55
2.2.1	Objetivo principal	55
2.2.2	Objetivos secundarios	55

3	MATERIAL Y MÉTODO	57
3.1	Participantes	59
3.2	Variables.....	60
3.3	Materiales.....	62
3.4	Procedimiento.....	65
3.5	Análisis estadístico.....	71
4	RESULTADOS.....	73
4.1	Diferencias entre hombres y mujeres	75
4.1.1	Variables descriptivas	75
4.1.2	Variables de fuerza.....	76
4.1.3	Variables de equilibrio.....	78
4.2	Factores de rendimiento	80
4.2.1	Mujeres	80
4.2.1.1	Respecto a las variables descriptivas	80
4.2.1.2	Respecto a las variables de fuerza.....	81
4.2.1.3	Respecto a las variables de equilibrio	81
4.2.1.4	Regresión lineal	83
4.2.2	Hombres.....	83
4.2.2.1	Respecto a las variables descriptivas	83
4.2.2.2	Respecto a las variables de fuerza.....	84
4.2.2.3	Respecto a las variables de equilibrio	84
4.2.2.4	Regresión lineal	85
4.3	Relaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio	86
4.3.1	Mujeres	86
4.3.2	Hombres.....	88
4.4	Relaciones entre variables de fuerza y descriptivas	90
4.4.1	Mujeres	90
4.4.2	Hombres.....	91
4.5	Relaciones entre la fuerza y el equilibrio.....	93
4.5.1	Mujeres	93
4.5.2	Hombres.....	95
4.6	Validez de la prueba de equilibrio sin la utilización del arma	97

5	DISCUSIÓN.....	99
5.1	Rendimiento	101
5.1.1	Variables descriptivas	101
5.1.1.1	Entrenamiento.....	101
5.1.1.2	Experiencia	103
5.1.1.3	Antropometría.....	105
5.1.2	Capacidades físicas.....	105
5.1.2.1	Fuerza	106
5.1.2.1.1	Fuerza flexora de los dedos.....	107
5.1.2.1.2	Fuerza abductora del hombro.....	109
5.1.2.2	Equilibrio	111
5.2	Diferencias entre hombres y mujeres	114
5.2.1	Variables descriptivas	114
5.2.2	Variables de fuerza.....	116
5.2.3	Variables del equilibrio	116
5.3	Relaciones entre variables	117
5.3.1	Relaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio	117
5.3.1.1	Experiencia y equilibrio.....	117
5.3.1.2	Edad y equilibrio	117
5.3.1.3	Variables descriptivas y equilibrio	118
5.3.1.3.1	Estatura	119
5.3.1.3.2	Peso corporal e IMC	119
5.3.2	Relaciones entre las variables descriptivas y de fuerza	122
5.3.3	Relaciones entre las variables de fuerza y equilibrio	123
5.3.4	Validez de la prueba de equilibrio sin la utilización del arma.....	124
6	CONCLUSIONES	127
7	FORTALEZAS Y LIMITACIONES	133
7.1	Fortalezas	135
7.2	Limitaciones	136

8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	137
9	APLICACIONES PRÁCTICAS	141
10	REFERENCIAS.....	145
11	ANEXOS	163

ÍNDICE DE TABLAS

1. INTRODUCCIÓN

Tabla 1. Desglose de modalidades de precisión y plato pertenecientes al programa olímpico.....	7
Tabla 2. Diámetros de los anillos de puntuación del blanco de pistola en milímetros (mm).....	8
Tabla 3. Requerimientos de la ISSF, en cuanto a iluminación en galerías indoor de 10 m, 25 m y 50 m medida en Lux.....	10
Tabla 4. Tiempos reglamentarios ISSF de competición para la modalidad pistola aire	11

3. MATERIAL Y MÉTODO

Tabla 5. Edad (años), estatura (cm), peso (Kg) e IMC (Kg/m^2) de los participantes del estudio	59
---	----

4. RESULTADOS

Tabla 6. Experiencia (años), entrenamiento (horas semanales), rendimiento en competición (puntos), rendimiento medio por disparo (puntos), media de puntuación prueba de tres disparos (puntos).....	75
Tabla 7. Valores medios de fuerza absoluta en newton (N), relativa al peso (N/Kg) y relativa al IMC ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{Kg}$) en los hombres y mujeres de la muestra	77
Tabla 8a. Valores medios de equilibrio, (desplazamiento (mm), área (mm^2), ángulos (grados) y velocidades (mm/s)) en los varones y mujeres de la muestra en las pruebas de mancuerna.....	79
Tabla 8b. Valores medios de equilibrio, (desplazamiento (mm), área (mm^2), ángulos (grados) y velocidades (mm/s)) en los varones y mujeres de la muestra en las pruebas de pistola	80

Tabla 9. Relación entre el rendimiento y las variables descriptivas, de fuerza y de equilibrio en la prueba con mancuerna y pistola, en valores de r , r^2 corregida y Coeficiente de variación $CV\% = sd/M \times 100$ en las mujeres de la muestra.....	82
Tabla 10. Relación entre el rendimiento y las variables descriptivas, de fuerza y de equilibrio en la prueba con mancuerna en valores de r , r^2 corregida y Coeficiente de variación $CV\% = sd/M \times 100$ en los hombres de la muestra.....	85
Tabla 11. Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de mancuerna en mujeres.....	87
Tabla 12. Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de pistola en mujeres.....	88
Tabla 13. Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de mancuerna en hombres.....	89
Tabla 14. Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de pistola en hombres.....	90
Tabla 15. Correlaciones entre las variables descriptivas y de fuerza en mujeres.....	91
Tabla 16. Correlaciones entre las variables descriptivas y de fuerza en hombres	92
Tabla 17. Correlaciones entre las variables de equilibrio en las pruebas de pistola y mancuerna y fuerza en mujeres.....	94
Tabla 18. Correlaciones entre las variables de equilibrio en las pruebas de pistola y mancuerna y fuerza en hombres.....	96
Tabla 19. Valores del coeficiente de correlación intraclase entre las variables en la prueba de pistola y mancuerna en hombres (izquierda) y mujeres (derecha) con intervalos de confianza al 95%.....	97
Tabla 20. Valores de correlación inter-clase entre las variables en la prueba de pistola y mancuerna en los hombres y mujeres de la muestra	98

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUCCIÓN

Figura 1. Aspecto reducido del blanco de papel de pistola	9
Figura 2. Aspecto reducido del blanco electrónico de pistola	9
Figura 3. Trapecio formado por los pies en una posición ancha de pies	12
Figura 4. Trapecio formado por los pies en una posición más estrecha de pies	13
Figura 5. Ángulo de la línea de pies con respecto a la línea de disparo	13
Figura 6. Posición de ejecución de un disparo, donde se observa la relación constante de los elementos de puntería	14
Figura 7. Posición de la mano en el bolsillo (tirador de la izquierda de la imagen) y posición de la mano proxima al centro de gravedad apoyada sobre la evilla del pantalon (tirador de la derecha de la imagen)	15
Figura 8. Correcta empuñadura del arma evitando huecos superiores e inferiores	16
Figura 9. Triángulo formado por los puntos teóricos de apoyo del arma	16
Figura 10. Posición del dedo índice sobre el disparador y relación de la línea de los dedos con respecto a la línea del cañón del arma	16
Figura 11. Ejemplo de posición general de disparo de la modalidad pistola aire	17
Figura 12. Posición relativa del arma (eje Y) con respecto al tiempo en segundos (eje X) de disparo de un tiro en pistola aire	18

3. MATERIAL Y MÉTODO

Figura 13. Medición de los desplazamientos máximos del centro de presiones en los ejes X e Y, así como en los ejes principal y secundario de la elipse y ángulo entre el eje principal de la elipse y el eje X	61
Figura 14. Tirador realizando la prueba de equilibrio con la mancuerna sobre plataforma modelo Kistler 9286AA	62

Figura 15. Dinamómetro portátil modelo Takei A5401	63
Figura 16. Criterios de medición según ISSF	64
Figura 17. Luxómetro modelo HT307	65
Figura 18. Tirador realizando la prueba de fuerza flexora de dedos mediante dinamómetro	67
Figura 19. Tirador realizando la prueba de fuerza abductora de hombro.....	68
Figura 20. Tirador realizando la prueba de equilibrio con pistola sobre plataforma modelo Kistler 9286AA	70

ABREVIATURAS

Abduct: Abductora

CCI: Coeficiente de Correlación Intraclase

Cm: Centrímetros

COM: Centro de Masas

COP: Centro de Presiones

CV: Coeficiente de Variación

Desplaz: Desplazamiento

IMC: Índice de Masa Corporal

Isom: Isométrica

ISSF: International Shooting Sport Federation

JJ.OO: Juegos Olímpicos

Kg: Kilogramos

m: Metros

m²: Metros Cuadrados

Max: Máximo

Min: Minutos

mm: Milímetros

mm²: Milímetros Cuadrados

n: Tamaño de la muestra

N: Newton

Relat: Relativa

RFEDETO: Real Federación de Tiro Olímpico

S: Segundos

Sd: Desviación Estándar

Sig: Significación

UIT: International Shooting Union

VO₂max: Volumen Oxígeno Máximo

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

El tiro olímpico es un deporte de precisión. En la modalidad de pistola aire los deportistas tratan de impactar en el centro de una diana que permanece estática. Son muchos los factores que influyen en el rendimiento y son numerosos los estudios que han tratado de explicarlos. Entre los factores que parecen determinar el rendimiento se encuentran el equilibrio y la fuerza. Sin embargo, no hay consenso en la literatura científica respecto de su grado de influencia. El objetivo de este estudio es determinar el grado de influencia en el rendimiento de las variables descriptivas, de equilibrio y de fuerza, así como sus relaciones intrínsecas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo con 46 hombres y 23 mujeres en la modalidad de pistola aire, categorías Sénior y Damas respectivamente, durante el entrenamiento oficial del Campeonato de España Absoluto de Aire Comprimido celebrado en 2012. Durante el mismo se tomaron datos de las variables descriptivas del tirador, de fuerza flexora de dedos y abductora de hombro y de equilibrio específico; También fueron analizadas las relaciones intrínsecas entre estas variables. Para la medición del movimiento del centro de presiones y la fuerza abductora de hombro se empleó una plataforma de fuerza y para la medición de la fuerza un dinamómetro de mano. El rendimiento deportivo fue obtenido del resultado oficial de competición. Finalmente, también se analizó la validez de la medición del equilibrio específico mediante una prueba realizada sin arma.

RESULTADOS

Existen diferencias significativas entre hombres y mujeres en cuanto a las variables descriptivas, de fuerza y equilibrio. El rendimiento de las mujeres está significativamente relacionado con las variables entrenamiento, índice de masa corporal, las fuerzas relativas

abductora de hombro y flexora de dedos y las amplitudes de desplazamiento del centro de presiones. En el caso de los hombres, las variables fundamentales en el rendimiento son el entrenamiento, la experiencia, las fuerzas absolutas y relativas flexoras de dedos, las fuerzas relativas abductoras de hombro y las amplitudes de desplazamiento del centro de presiones. A excepción de la variable de velocidad mínima del centro de presiones, los valores de validez de la prueba de equilibrio específico sin pistola oscilaron entre 0,74-0,99 $p < 0,01$ para el coeficiente de correlación intraclase y entre 0,59-0,98 $p < 0,01$ para la correlación interclase.

CONCLUSIONES

Según los resultados de este estudio, hombres y mujeres presentan diferencias, tanto a nivel de las variables descriptivas del tirador, como de fuerza y equilibrio. Por tanto, dichas diferencias deberían ser tenidas en cuenta a la hora de elaborar planes de entrenamiento con el fin de que atiendan a esas necesidades específicas. Las distintas variables analizadas presentan relaciones intrínsecas que pueden ayudar a comprender mejor los mecanismos que intervienen en el rendimiento deportivo en la prueba de pistola aire. Finalmente, consideramos válida la prueba de medición de equilibrio específico sin arma para medir el movimiento del centro de presiones del deportista a excepción de la variable velocidad mínima del centro de presiones.

ABSTRACT

INTRODUCTION

Olympic shooting is a high precision sport. Its Air Pistol discipline requires the shooters to hit the center of a static target. Many studies have investigated the numerous factors that can affect performance in Olympic shooting. Among these factors, static balance and muscular strength seem to play a very important role. The existing literature, however, presents no consensus regarding the degree of influence of these two factors on performance. The aim of this study was to determine the degree of influence of descriptive variables, balance, as well as strength on performance, and to investigate the intrinsic relations between these factors.

MATERIAL AND METHODS

The present descriptive study analyzed data of Senior Air Pistol shooters, 46 males and 23 females, recorded during the official pre-competition training period of the Spanish Absolute Air Pistol Championship which was held in 2012. The data, together with the shooters' descriptive variables, also included recordings of finger flexor forces, shoulder abduction forces, as well as variables of the shooters' discipline-specific equilibrium. The possible connection between these variables and performance was investigated, as well as the intrinsic relations between the variables. In order to measure the movements of the center of pressure and the abduction and flexion forces, a force platform and a dynamometer were respectively used. Performance was determined by the official competition results. Finally, a discipline-specific equilibrium test that did not require the use of a pistol was implemented and validated.

RESULTS

Statistically significant differences were found between male and female shooters, regarding the analyzed descriptive, strength and equilibrium variables. Performance in female shooters was found to be significantly related to training, body mass index, relative

shoulder abduction forces, finger flexor forces, and by the amplitude of the displacement of the center of pressure. In male shooters performance was found to be significantly related to training, experience, absolute and relative finger flexor forces, relative shoulder abduction forces, and by the amplitude of the displacement of the center of pressure. With only exception the variable of minimum velocity of the center of pressure, the coefficient values for the validation of the pistol discipline-specific test without the use of a pistol oscillated between 0,74-0,99 $p < 0,01$ for the intraclass correlation and between 0,59-0,98 for the interclass correlation.

CONCLUSIONS

In accordance with the results of the present study, there are differences between male and female shooters, regarding descriptive, strength and equilibrium variables. These differences should be taken into account when developing training plans that meet the shooters' specific needs. The intrinsic relations that were found between the different variables can lead towards a better understanding of the mechanisms that determine performance in Air Pistol. Finally, the applied discipline-specific equilibrium test that did not require the use of a pistol was proven to be a valid tool for the measurement of the center of pressure's movements, with only exception the center of pressure's minimum velocity.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

Tras unos años trabajando como preparador físico del Equipo Nacional Español de tiro olímpico y debido a mi carácter inquieto y con ganas de mejorar en mi desempeño profesional, observé que la calidad de mi trabajo se estaba estancando. Los diseños de circuitos de trabajo físico, las planificaciones deportivas, los ejercicios seleccionados, etc. que hacía estaban bien pero eran sin duda mejorables. El nivel de los deportistas con los que estaba trabajando, entre los que se incluían Campeones del Mundo y de Europa, requerían de mí la búsqueda de la perfección en mi trabajo del mismo modo que ellos buscaban el máximo rendimiento en su deporte.

Además, las reticencias por parte de los entrenadores más tradicionalistas a la incorporación de la preparación física en el tiro olímpico, hicieron que necesitara encontrar bibliografía que justificara lo que en mi mente era claro y evidente: que la preparación física es necesaria para el desarrollo integral del deportista de tiro olímpico. Desafortunadamente los primeros libros y referencias que encontré aportaban poco a los conocimientos que ya tenía. Fue entonces cuando me di cuenta que necesitaba conocimientos más avanzados acerca de la preparación física relacionada con el tiro olímpico y cuando decidí matricularme en el máster oficial de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.

Mi paso por dicho máster fue muy productivo, aprendí a realizar búsquedas exhaustivas de información en diferentes bases de datos, descubrí el campo de la bibliografía científica, desconocida hasta el momento para mí y lo más importante, me enseñaron a ser autónomo en la realización de investigaciones.

Durante mi estancia en el máster y tras una búsqueda continua de artículos relacionados con el tiro olímpico, observé que la bibliografía relacionada con este deporte era bastante escasa. Fue entonces cuando decidí que yo mismo debía realizar estudios científicos para profundizar en mis conocimientos relacionados con el rendimiento en tiro olímpico.

Comencé realizando una serie de estudios piloto y pruebas sobre diversos aspectos que pudieran estar relacionados en mayor o menor medida con el rendimiento deportivo en tiro y que, a su vez, estuvieran relacionados con mi parcela de trabajo, la preparación física. El desenlace de este proceso de aprendizaje, pero en ningún caso su final, sino un nuevo punto de partida para seguir mejorando y aprendiendo, es la presente tesis doctoral.

1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL TIRO OLÍMPICO

El uso de las armas de fuego con carácter bélico se remonta, siglos atrás, prácticamente a la aparición de la pólvora. Desde entonces ha habido una constante evolución que ha permitido pasar de armas con un grado de fiabilidad mínimo en sus mecanismos y empleo durante el siglo XIV, a las armas de fuego actuales cuyo nivel de precisión es máximo y que no sólo se emplean con un carácter bélico sino también deportivo (Belinchon, 2010).

Clara muestra de la importancia del tiro con carácter lúdico es la aparición del tiro olímpico en los primeros Juegos Olímpicos (JJ.OO) de la era moderna celebrados en Atenas en 1896. El tiro fue entonces uno de los nueve deportes del programa olímpico con cinco modalidades diferentes (Espada, Herrero y Martínez, 1996).

A lo largo de la historia olímpica moderna, España ha conseguido cuatro medallas: Pedro Pidal y Bernardo Quirós (Plata) en 1900 París en la modalidad de Escopeta; Ángel León (Plata) en Helsinki 1952 en la modalidad Pistola Libre; Jorge Guardiola (Bronce) en Seúl 1988 en la modalidad de Escopeta y María Quintanal (Plata) en Atenas 2004 en la modalidad de Escopeta (Real Federación Española de Tiro Olímpico [RFEDETO], 2014a).

Con el objetivo de difundir, administrar y reglar el tiro olímpico se creó en 1907 la “*Union Internationale des Federations et Associations Nationales de Tir*”, dicha asociación se disolverá debido a la primera guerra mundial en 1915 volviéndose a crear en 1921 como “*Union Internationale du Tir*” (UIT). En 1947 dicha asociación cambiará su nombre a “*International Shooting Union-UIT*”. Tras un largo período y con el objetivo de diferenciar las modalidades estrictamente olímpicas de otro tipo de modalidades de tiro se creó el organismo que actualmente rige el tiro olímpico, la “*International Shooting Sport Federation*” (ISSF) (Belinchon, 2010).

El tiro tiene también una serie de fechas que son relevantes en su desarrollo y evolución desde un punto de vista nacional. En 1900 se firmó el acta fundacional de la Real Federación y sus primeros estatutos. Nace de un deporte civil si bien los cargos, directivos y técnicos, son principalmente militares. En 1935 se iniciaron los esfuerzos para la inclusión de una licencia especial en el reglamento de armas. En 1944 se crea un segundo reglamento y la licencia tipo “C”. En 1950 la UIT concede a la Federación Española la celebración del Campeonato de Europa Amateur de Tiro al Plato. En 1958 se constituye la Federación de Tiro Nacional, que se fusionará en 1968 con la Federación de Tiro al Plato dando lugar a la

Federación de Tiro Olímpico Español. Por último en 1986 se otorga a la Federación Española de Tiro Olímpico el nombramiento de Real Federación (Belinchon, 2010; RFEDETO, 2014a)

1.3.MODALIDADES

El tiro olímpico es un deporte donde el objetivo principal es alcanzar un blanco que en unas ocasiones es estático y en otras dinámico. Dentro de este deporte existen seis disciplinas, entre las que podemos encontrar (RFEDETO, 2014a, 2014b):

1.3.1.Plato

En esta disciplina existen modalidades incluidas en el programa olímpico: Foso Olímpico, *Skeet* y *Doble Trap* y otras que son no olímpicas como el Foso Universal y el Mini Foso.

En todas ellas se trata de impactar un plato que se encuentra en movimiento mediante la utilización de una escopeta generalmente de calibre 12. La trayectoria del plato, el número de platos a romper, así como su velocidad vendrá determinada por la prueba.

1.3.2. Precisión

De igual forma que en plato, en la disciplina de precisión existen modalidades olímpicas: Pistola Aire, Carabina Aire, Pistola 25m damas (pistola deportiva), Pistola tiro rápido 25m (pistola velocidad), Pistola 50m (pistola libre), Carabina Tres Posiciones y Carabina Tendido y no olímpicas: Pistola Standard, Pistola Fuego Central, 9 mm, Pistola Aire Estándar y Pistola Aire Velocidad, Carabina Tendido Damas, Fusil Tendido 300 m, Fusil Tres Posiciones 300 m, Carabina Blanco Móvil 10 m, Carabina Blanco Móvil 10 m mixtas, Carabina Blanco Móvil 50 m, Carabina Blanco Móvil 50 m mixtas y *target sprint*. Además, están las modalidades españolas para Jóvenes Promesas.

En todas estas modalidades a excepción de las de blanco móvil, el objetivo primordial es impactar en la zona central de un blanco estático. El número de disparos, las distancias de disparo y las armas empleadas dependerán de la prueba.

1.3.3. Armas históricas

Dentro de las armas históricas encontramos pruebas con similitudes con las de precisión: *Kuchenreuter*, *Cominazzolo*, *Colt*, *Mariette*, *Tanzutsu*, *Donald Malson*, *Rémington*, *Miguelete*, *Tanegashima*, *Hizadai*, *Vetterli*, *Pennsylvania*, *Lamarmora*, *Maximilian*, *Minié*, *Whitworth*, *Walkyria*, *Piñal*, *Nuñez de Castro*, *Freire y Brull* y otras pruebas con similitudes con las disciplinas de plato: *Manton*, *Lorenzoni*.

En las modalidades de armas históricas se dispara con armas de época, donde dependiendo de la prueba el objetivo será impactar el mayor número de veces lo más próximo al centro del blanco o romper el mayor número de platos. Dependiendo de la prueba se disparará con armas originales o réplicas.

1.3.4. Recorridos de tiro

Las modalidades propias de recorridos de tiro son las siguientes: *Open*, Estándar, Producción, Clásica, Revolver. En esta disciplina se dispara con distintos tipos de armas y calibres tanto a objetivos móviles como estáticos desde diversas posiciones y teniendo al deportista que desplazarse para ejecutar un recorrido. La puntuación no sólo dependerá de la precisión de los disparos sino también de la velocidad de ejecución.

1.3.5. Alta precisión

Las modalidades de alta precisión no son olímpicas, entre ellas encontramos: *Varmint Ligero y Pesado*, Rifle de Caza, Rifle de Repetición, Rifle de Miras Abiertas, *BR-50*.

En esta disciplina la precisión de las armas es fundamental, puesto que la clasificación está determinada no por la puntuación sino por la agrupación de los disparos ejecutados.

1.3.6. F-Class

Las modalidades de *F-Class* tampoco son olímpicas, englobándose las siguientes: *Open*, *F/TR*, *Rimfire Open*, *Rimfire Restricted*.

Las modalidades de *F-Class* se caracterizan por la utilización de rifles, permitiéndose la utilización de apoyos. El objetivo principal es impactar un blanco estático lo más cerca del centro posible.

Como ya se mencionó con anterioridad, de estas seis disciplinas deportivas solamente las dos primeras, plato y precisión, disponen de modalidades que son olímpicas tal y como se muestra en la Tabla 1. (RFEDETO, 2012, 2014a)

Tabla 1

Desglose de modalidades de precisión y plato pertenecientes al programa olímpico

Plato	Precisión
Foso Olímpico	Pistola Aire
Skeet	Carabina Aire
Doble Trap	Pistola 25m (Damas)
	Pistola tiro rápido 25m
	Pistola 50m
	Carabina Tres Posiciones
	Carabina Tendido

El presente estudio ha sido realizado sobre la disciplina de precisión, modalidad pistola aire, en sus categorías masculina y femenina. Por ello pasamos a continuación a aportar todos los detalles sobre ella.

1.4. PISTOLA AIRE

1.4.1. ASPECTOS REGLAMENTARIOS

La modalidad de pistola aire es una modalidad tanto masculina como femenina en la que sólo existen diferencias reglamentarias entre ambos sexos en lo que respecta al número de disparos y el tiempo para ejecutarlos.

Se dispara a un blanco que podrá ser de papel o electrónico y cuyas dimensiones podemos observar en la Tabla 2 (International Shooting Sport Federation [ISSF], 2013b):

Tabla 2

Diámetros de los anillos de puntuación del blanco de pistola en milímetros (mm)

Anillo de puntuación	Diámetro (mm)	Posible variación (mm)	Anillo de puntuación	Diámetro (mm)	Posible variación (mm)
10	11,5	± 0,1	5	91,5	± 0,5
9	27,5	± 0,1	4	107,5	± 0,5
8	43,5	± 0,2	3	123,5	± 0,5
7	59,5	± 0,5	2	139,5	± 0,5
6	75,5	± 0,5	1	155,5	± 0,5

Tanto el blanco de papel como el electrónico tendrán un tamaño mínimo visible de 170 mm x 170 mm y los siguientes aspectos: Blanco de papel (imagen 1) y blanco electrónico (imagen 2):

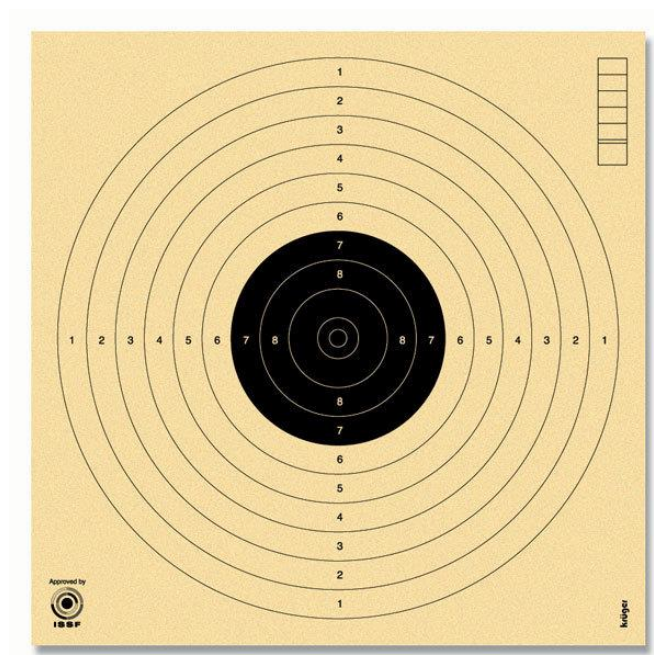


Figura 1. Aspecto reducido del blanco de papel de pistola.



Figura 2. Aspecto reducido del blanco electrónico de pistola.

Introducción

El 10 interior tendrá una dimensión de 5,0 mm ($\pm 0,1$ mm); la zona negra del blanco, con un diámetro de 59,5 mm ($\pm 0,5$ mm), abarca las puntuaciones que van del 7 hasta el 10.

La distancia desde la que los deportistas deben ejecutar el disparo es de 10 m, medición realizada desde la línea de disparo marcada en el suelo, hasta la posición del blanco. El blanco ha de estar situado a una altura de 1,40 m, con un margen permitido de $\pm 0,05$ m, tal y como señala el artículo 6.4.6.1 del reglamento de la *International Shooting Sport Federation* (ISSF, 2013b).

Debido a que esta modalidad se lleva a cabo en una instalación cubierta, la ISSF exige unos requerimientos lumínicos mínimos según el artículo 6.4.14 de su reglamento para realizar dichas pruebas, véase Tabla 3 (ISSF, 2013b).

Tabla 3

Requerimientos de la ISSF, en cuanto a iluminación en galerías indoor de 10 m, 25 m y 50 m medida en Lux

Campo de tiro indoor	Iluminación general		Iluminación en blancos	
	Mínimo	Mínimo recomendado	Mínimo	Mínimo recomendado
10 m	300	500	1500	1800
10 m RT	300	500	1000	1000
25 m	300	500	1500	2500
50 m	300	500	1500	3000

Tal y como puede observarse de forma resumida en la Tabla 4, mientras en competición los hombres realizan 60 disparos, las mujeres realizan 40, siendo por tanto las puntuaciones máximas posibles 600 puntos en hombres y 400 puntos en mujeres respectivamente ya que la puntuación de cada disparo puede variar desde 0 hasta 10 puntos. Antes del comienzo de la competición, tanto los varones como las mujeres disponen de 15 min (minutos) de preparación y ensayo en los que pueden realizar disparos

Introducción

ilimitados en un número máximo de 4 blancos de ensayo en el caso de que la competición se realice en blancos de papel y no electrónicos. En competición, los hombres disponen de 90 min si se usan blancos de papel y de 60 min si el blanco es electrónico. Por su parte las mujeres disponen de 75 o 50 min respectivamente (RFEDETO, 2012).

Las diferencias en el tiempo de competición entre una forma de disparo y otra se justifican en el uso de mecanismos de transporte del blanco al puesto de tiro en el caso de las competiciones realizadas con blancos de papel.

Tabla 4

Tiempos reglamentarios ISSF de competición para la modalidad pistola aire

Modalidad	Hombres Mujeres	Número de disparos	Número de disparos por blanco de competición (papel)	Número de blancos de ensayo (papel)	Número de disparos de ensayo	Clasificación y parcheado	Tiempo	Tiempo de preparación y ensayo
Pistola aire 10 m	Hombres	60	1	4	Ilimitados durante el tiempo de preparación y ensayo	En la oficina de clasificación	1 hora 15 min. 50 min. 1 hora, 30 min o 60 min si no se usan EST	15 min
	Mujeres	40						

Para todos los tiradores, las pistolas empleadas deben cumplir una serie de requisitos de acuerdo con el artículo 8.16.0 del reglamento específico de pistola (RFEDETO, 2012). El peso mínimo del disparador debe ser de 0,5 kilogramos (Kg), la pistola no puede superar en su conjunto un peso máximo de 1,5 Kg y la pistola debe entrar en una caja de dimensiones 0,42 m largo x 0,2 m ancho x 0,05 m alto.

1.4.2. ASPECTOS TÉCNICOS

1.4.2.1. POSICIÓN

La posición de tiro en pistola aire es libre dentro del puesto de tiro siempre y cuando se respeten las normas deportivas y de seguridad. El arma debe ser empuñada con una mano y a la hora de ejecutar el disparo no se podrá estar apoyado en ningún lugar. Todo ello permite al tirador multitud de combinaciones y ejecuciones posibles.

Si bien es cierto que existen multitud de posibilidades permitidas por el reglamento, existe una técnica básica que aúna una serie de elementos comunes a todas las posiciones de tiro consideradas técnicamente correctas que se caracterizan por una serie de aspectos que se detallan a continuación.

Tal y como podemos observar en las figuras 3 y 4, la anchura de los pies será similar a la de los hombros o un poco menor, formando estos una figura similar a la de un trapecoide (Todorovic, 2010).



Figura 3. Trapecio formado por los pies en una posición ancha de pies.



Figura 4. Trapecio formado por los pies en una posición más estrecha de pies.

Respecto al ángulo que forma la línea que une los pies con respecto al blanco, el reglamento nos permite ponernos en cualquier posición, pero según Colado (2011), el ángulo óptimo debería estar en torno a 10 grados, aunque este podrá llegar aproximadamente hasta los 30 grados, en función de las características del tirador (Figura 5).

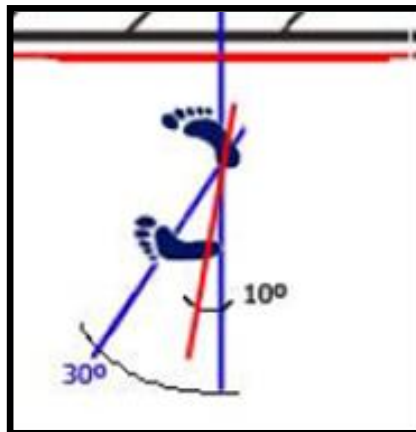


Figura 5. Ángulo de la línea de pies con respecto a la línea de disparo (Colado, 2011).

Respecto a la posición de los hombros, caderas y rodillas, estos suelen estar emplazados en un mismo plano o muy próximos a él, intentando que la proyección vertical del centro de gravedad quede dentro de la base de sustentación delimitada por la posición de los pies con el fin de conseguir una posición de máxima estabilidad.

Tal y como podemos observar en la figura 6, la cabeza estará girada hacia la mano que dispara, en una posición confortable que permita evitar la fatiga de los músculos del cuello, algo que está directamente relacionado con el control del equilibrio (Schieppati, Nardone y Schmid, 2003) y por tanto con el rendimiento y también para permitir la correcta circulación sanguínea al cerebro (Todorovic, 2010).



Figura 6. Posición de ejecución de un disparo, donde se observa la relación constante de los elementos de puntería.

En la figura 6 observamos cómo el brazo que sostiene el arma deberá permanecer completamente extendido para conseguir que siempre existan las mismas distancias relativas entre segmentos y por tanto la técnica sea constante en su ejecución (Todorovic, 2010).

El brazo que no dispara tiene un papel completamente pasivo por lo que la mayoría de los autores recomiendan colocarlo en un bolsillo o apoyado sobre un cinturón, para evitar movimientos indeseados (figura 7).



Figura 7. Posición de la mano en el bolsillo (tirador de la izquierda de la imagen) y posición de la mano proxima al centro de gravedad apoyada sobre la evilla del pantalon (tirador de la derecha de la imagen).

Finalmente la mano que dispara es probablemente uno de los factores más determinantes de la técnica de pistola. La mano deberá empuñar el arma evitando huecos tanto en la parte superior como en la inferior de la cacha o empuñadura (figura 8). Los puntos de apoyo sobre el arma forman un triángulo cuyo vértice anterior deberá estar lo más próximo posible al gatillo (Todorovic, 2010) tal y como se puede observar en la figura 9. Por último, la línea media de los dedos corazón, anular y meñique deberán coincidir con la línea del cañón quedando el dedo índice libre para presionar el disparador (figura 10).



Figura 8. Correcta empuñadura del arma evitando huecos superiores e inferiores.

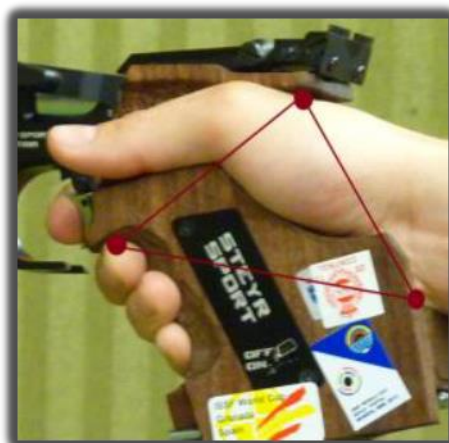


Figura 9. Triángulo formado por los puntos teóricos de apoyo del arma.



Figura 10. Posición del dedo índice sobre el disparador y relación de la línea de los dedos con respecto a la línea del cañón del arma.

En la figura 11 se puede observar en conjunto las características técnicas de la posición de disparo en pistola aire.



Figura 11. Ejemplo de posición general de disparo de la modalidad pistola aire.

1.4.2.2. EJECUCIÓN DE UN DISPARO

La ejecución de un disparo en pistola aire consta básicamente de 4 fases desde su inicio hasta su finalización que son por orden cronológico (Colado, 2011):

- Preparación

Durante esta fase se carga el arma y se piensa en los puntos clave de lo que se va a realizar a continuación.

- Aproximación

Son los movimientos que realiza el deportista desde que levanta el arma del mostrador hasta que lleva la pistola a la zona de puntería.

- Realización

Es la fase primordial, puesto que es donde se ejecuta el disparo propiamente dicho. Esta fase comprende el tiempo que va desde la llegada a la zona de puntería hasta que se comienza el descenso del brazo una vez ejecutado el disparo.

- Recuperación

Es la fase de descanso entre la ejecución de un disparo y el comienzo del siguiente. Se busca principalmente un descanso físico y psicológico antes de ejecutar el siguiente ciclo.

Respecto a la aproximación y la realización del disparo existen varias técnicas posibles; explicaremos a continuación la técnica básica sin entrar en posibles variantes que existen.

Una vez colocado el deportista en la posición explicada con anterioridad, el arma parte desde la zona de descanso, elevándose por encima del blanco. Durante este proceso tanto la muñeca como el codo quedarán bloqueados, moviéndose el conjunto únicamente desde el hombro. El brazo subirá hasta aproximadamente 120° con respecto al suelo, para posteriormente bajar hasta la zona de puntería donde se realizará una presión constante en el disparador hasta que se venza el peso del mismo ejecutando la salida del disparo (Colado, 2011). En la figura 12 se muestra el desplazamiento del arma en el tiempo con respecto al blanco.

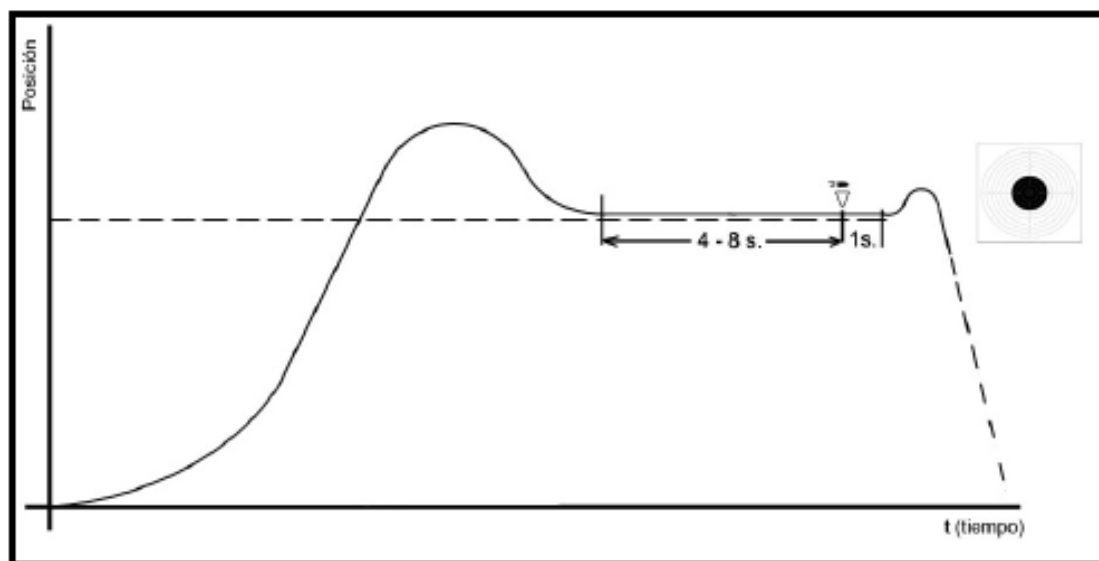


Figura 12. Posición relativa del arma (eje Y) con respecto al tiempo en segundos (eje X) de disparo de un tiro en pistola aire (Colado, 2011).

1.5.MARCO TEÓRICO

El tiro olímpico es un deporte donde se trata de impactar con armas un blanco que puede ser móvil o estático. Por tanto dependiendo de la modalidad, la técnica de ejecución requerirá de elementos principalmente dinámicos como en el caso de las modalidades de plato, o estáticos como ocurre principalmente en las modalidades de precisión.

El tiro olímpico es un deporte considerado de precisión por ello requiere del máximo control de todos sus elementos si se quiere obtener el mayor rendimiento posible.

Para la modalidad de pistola aire la dificultad se acentúa debido a que la sujeción del arma se realiza con una sola mano sin ningún tipo de apoyo y al tamaño del área de máxima puntuación ($11,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$) con respecto a los 10 m de distancia de disparo (RFEDETO, 2012). Esto implica que desviaciones angulares mayores de 0,066 grados implicarán no impactar en el 10 (Mon, Zakyntthinaki, Cordente, Monroy y López, 2014).

Aun es más fácil entender las necesidades de precisión de esta modalidad deportiva si observamos los actuales récords del mundo tanto en categoría masculina (594/600 puntos), como en categoría femenina (393/400 puntos). Esto implica porcentajes de acierto del 99% para hombres y del 98,2% en mujeres (ISSF, 2013a), debido a que la puntuación de un disparo puede oscilar entre 0 y 10, durante la competición. Estas necesidades de precisión se ven acentuadas durante las finales donde las puntuaciones pasan a ser con decimales (ISSF, 2013b).

Son, por tanto, muchos los factores que pueden influir en el rendimiento deportivo en tiro olímpico. Estos englobarían:

- Entrenamiento y experiencia (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009; Mon et al., 2014).
- Factores fisiológicos: los niveles hormonales, la temperatura corporal, el ritmo cardiaco o respiratorio, etc. (Lakie, 2010; Tremayne y Barry, 2001).
- Acondicionamiento físico general (Krasilshchikov, Zuraidee y Singh, 2007; Mondal, Majumdar y Pal, 2011).
- La fuerza muscular (Rodd, Leasure-Woodburn y Wilson, 2008; Vercruyssen, Christina y Muller, 1989).
- Factores antropométricos (Belinchon, 2010; Koley y Gupta, 2012).

- Factores técnicos: la estabilidad del arma (Hawkins y Sefton, 2011; Tang, Zhang, Huang, Young y Hwang, 2008), el momento de disparo (Konttinen, Landers y Lyytinen, 2000; Viitasalo et al., 1999; Zatsiorsky y Aktov, 1990), la limpieza en el disparo (Mononen, Viitasalo, Era y Konttinen, 2003) o el tiempo de ejecución de disparo (Walmsley y Williams, 1994).
- Factores tácticos y estratégicos (Rio, 2003).
- El equilibrio (Mon, Zakyntthinaki, Cordente, Barriopedro y Sampedro, 2014; Mon et al., 2014).
- Factores psicológicos (Konttinen, Lyytinen y Viitasalo, 1998; Reinkemeier, Bühlmann y Konietzny, 2006) o de conocimiento teórico de la modalidad (Chung et al., 2004).
- Aspectos materiales: el arma (Chung et al., 2004; Chung, Delacruz, de Vries, Bewley, y Baker, 2006) o la ropa empleada (Aalto, Pyykko, Ilmarinen, Kahkonen y Starck, 1990).
- Aspectos ambientales: el entorno (climatología) (Chung et al., 2004; Chung et al., 2006) o la luz exterior (Copay y Charles, 2001a).
- Factores sociales (Rio, 2003).
- Objetivos marcados (Boyce, 1994).

A pesar de que todos estos factores determinan siempre el rendimiento deportivo, debemos tener en cuenta que no todos contribuyen de igual manera en todos los niveles deportivos ni en las distintas fases del aprendizaje del tiro (Chung et al., 2004). Este mismo autor hace referencia a la importancia de los aspectos perceptivo-motores durante todas las etapas y niveles, dándole importancia al conocimiento teórico del tiro como otro factor relevante del rendimiento, pero concediéndole la mayor relevancia a la ansiedad como factor determinante.

Debido a la multitud de factores que pueden afectar el rendimiento y la forma en que actúan sobre el mismo, pasaremos a continuación a explicar cada uno de ellos de forma detallada.

1.5.1. Parámetros antropométricos

No parece haber un criterio unánime respecto a la influencia de los parámetros antropométricos en el rendimiento en tiro olímpico. Para Belinchon (2010) no existe una morfología tipo para los tiradores. Así, las características morfológicas no parecen influir en el rendimiento de los tiradores al no encontrarse un patrón concreto. Sin embargo este autor hace referencia a que los deportistas de tiro olímpico tienden a ser más bajos y pesados que los de otros deportes.

Por su parte ni Mon et al. (2014) ni Kayihan, Ersoz, Özkan y Mitat (2013) encontraron relaciones entre el rendimiento de tiro con pistola y la estatura, el peso corporal o el índice de masa corporal (IMC) aunque estos últimos sí señalaron relaciones con otros parámetros antropométricos como las circunferencias de la muñeca, del bíceps braquial o del fémur.

Respecto a los valores antropométricos en comparación con los de la población normal, el estudio de Koley y Gupta (2012) señaló que sólo existían diferencias antropométricas con respecto a la población normal india en el pliegue cutáneo del tríceps braquial, no encontrándolas en estatura, peso corporal o IMC.

Por otro lado, Mondal et al. (2011) compararon los parámetros antropométricos de varones y mujeres señalando que existían diferencias entre ambos sexos en tiradores de rifle en la estatura pero no en el peso corporal, siendo los hombres más altos. También encontraron diferencias en el tamaño de las manos y los dedos (mayores en hombres) y en los pliegues de los tríceps y subescapulares (superiores en mujeres).

1.5.2. Parámetros de experiencia en tiro y entrenamiento

Se presupone que la experiencia y el entrenamiento juegan un papel relevante en el rendimiento deportivo, algo corroborado tanto por la literatura específica de entrenamiento en tiro olímpico (González, 1997; Mon, 2006, 2010b, 2010-2011; 2014; Reinkemeier, Buhlmann, Eckhardt, Kulla y Linn, 2006; Reinkemeier et al., 2006) como por la científica (Vučković, Dopsaj, Radovanović y Jovanović, 2008).

1.5.2.1. Entrenamiento

Parece haber evidencias respecto a que el entrenamiento sea un factor determinante del rendimiento en el tiro deportivo. Según Gulbinskienė y Skarbalius (2009) el menor rendimiento de los tiradores lituanos era debido al menor volumen de entrenamientos y competiciones con respecto a otros países.

El entrenamiento también parece ser una de las variables que pueden determinar el rendimiento en tiro militar. La diferencia de medias de puntuaciones en actividades pre-test (realizadas al comenzar un periodo de entrenamiento) y en post-test (tras finalizar un periodo de entrenamiento), es una variable válida para la predicción del rendimiento (Chung et al., 2004).

Asimismo en tiro policial, programas de entrenamiento del tiro con pistola en policías noveles durante el proceso de aprendizaje de la academia, incrementaron el rendimiento en mujeres hasta un 136% y en hombres hasta un 45%, lo cual hace evidente la importancia del entrenamiento en el tiro en las fases iniciales, reduciendo además las diferencias en el rendimiento entre los hombres y las mujeres (Vučković et al., 2008).

Por su parte el entrenamiento mejoró el rendimiento y la capacidad visual en tiradores noveles de pistola aire sin experiencia (estudiantes del primer curso de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la facultad de Lleida). Sin embargo, la utilización de programas de entrenamientos visuales no supuso un incremento del rendimiento entre los grupos de deportistas que los emplearon o no (Quevedo, Solé, Palmi, Planas y Saona, 1999).

Acerca de programas de entrenamiento visual, la utilización de los mismos durante periodos prolongados (3 meses) incrementaron tanto las capacidades visuales como el rendimiento en tiro de pistola (Quevedo y Sole, 1995).

Otros autores sugieren pautas o consejos acerca de cómo deberían realizarse los entrenamientos para mejorar el rendimiento. Así pues, Gulbinskienė y Skarbalius (2009) señalan que para que el entrenamiento sea productivo deber ser individualizado debido a las diferencias entre los deportistas.

Puglisi y La Rocca (2014) señalan que debido a las diferencias en el equilibrio entre los diferentes niveles de rendimiento en tiro, programas de entrenamiento específicos de equilibrio deberían ser incorporados al trabajo de los deportistas para mejorar su rendimiento deportivo en modalidades como el *Sket*.

Según Nieuwenhuys, Caljouw, Leijsen, Schmeits y Oudejans (2009); Nieuwenhuys y Oudejans (2011) y Oudejans (2008), las situaciones de estrés que generan estados de alta ansiedad como pueden ser las competiciones importantes o situaciones de riesgo pueden ser trabajadas mediante entrenamientos bajo presión.

De igual forma entrenamientos combinados de técnica de tiro con ejercicios de relajación provocaron mejoras en el rendimiento en tiradores de biathlon tras diez semanas de duración (Laaksonen, Ainegren y Lisspers, 2011)

Otros autores señalan que en tiradores sin experiencia en el tiro con pistola, la utilización de entrenamientos no seriados en favor de utilización de entrenamientos por bloques de contenidos pueden facilitar el aprendizaje de tareas de tiro, principalmente en la fase de adquisición, si bien no se encontraron diferencias en el rendimiento deportivo en el test final o fase de retención (Keller, Li, Weiss y Relyea, 2006).

También Chung, Kim, Janelle y Radlo (1996) señalan pautas de cómo debe ser el aprendizaje de tiro o como deberían ser los entrenamientos, indicando que con la utilización del método de cinco pasos (leer, imaginar, focalizar, ejecutar y evaluar) se obtuvieron mejores resultados deportivos que sin la utilización del mismo en tiradores experimentados de pistola aire.

Respecto al empleo de sistemas de feedback adicional, la utilización de entrenamientos con biofeedback a tiempo real pueden mejorar el rendimiento de tiradores de rifle, tanto en puntos como en agrupación de disparo en tiradores de alto nivel (587-591 puntos) (Mullineaux, Underwood, Shapiro y Hall, 2012).

Entrenamientos simultáneos de tiro con estímulos auditivos durante la acción real de disparo pueden mejorar la estabilidad del arma y el equilibrio en tiradores noveles de carabina (Konttinen, Wiitasalo y Mets, 2004; Mononen, 2007). También parece ser que feedback kinestésicos pueden facilitar el aprendizaje y el rendimiento en tiro cuando se aplican test de retención a corto plazo (Mononen, Wiitasalo, Konttinen y Era, 2003).

Sin embargo no se encontraron diferencias en el rendimiento en tiradores noveles de *running target* (blanco móvil) cuando se aplicaron conocimientos de resultados, del rendimiento y feedback adicional visual (Viitasalo et al., 2001).

Una herramienta muy empleada en el entrenamiento del tiro son los sistemas optoelectrónicos. Son muchos los estudios que han empleado estos sistemas (*NOPTEL* o *SCATT*) para el análisis del rendimiento deportivo en tiro olímpico (pistola, carabina o blanco móvil) (Ball, Best y Wrigley, 2003a, 2003b; Era, Konttinen, Mehto, Saarela y Lyytinen, 1996; Hawkins, 2011; Konttinen et., 1998; Mason, Cowan y Gonczol, 1990; Mononen, Konttinen, Viitasalo y Era, 2007; Viitasalo et al., 1999; Viitasalo, Era, Mononen, Norvapalo y Rintakoski, 1998)

Sin embargo, la fiabilidad de estos sistemas está ligeramente cuestionada en la literatura científica. Parecen existir diferencias en la localización del centro del disparo entre el disparo real y el del sistema de medición optoelectrónico *SCATT*, algo que en este deporte es interesante de considerar. Así, si bien la agrupación de disparo es correcta y puede ser un parámetro tenido en cuenta para entrenar, el centro real y el estimado por *SCATT* no parecen coincidir plenamente (Zanevskyy, Korostylova y Mykhaylov, 2009, 2010).

Contrariamente, Mononen et al. (2003) señalan que el sistema optoelectrónico *NOPTEL* tiene una importante significación práctica en el análisis del movimiento del cañón y concluyen que los sistemas optoelectrónicos pueden ayudar a entender y mejorar el rendimiento.

En el área militar, Bansevicius, Fedaravicius, Ostasevicius y Ragulskis (2004) señalan que los sistemas optoelectrónicos son válidos en el entrenamiento pero que necesitan ser mejorados puesto que este sistema de entrenamiento no presenta retroceso del arma.

Smith y Hagman (2003) tras su estudio también realizado con militares, señalan que existe relación entre el rendimiento en tiro con láser y tiro en seco y el rendimiento en tiro real, pudiendo predecir estos sistemas hasta el 80-90% del rendimiento en disparo real, datos superiores a los obtenidos por Smith y Hagman (2000) donde la predicción fue tan solo del 30% para rifle y del 21% en pistola, si bien debemos señalar que dichas diferencias entre estudios podrían ser debidas a las diferencias de nivel de los participantes en los mismos.

1.5.2.2. Experiencia

La medida en que la experiencia con armas afecta al rendimiento deportivo difiere bastante en función los diferentes estudios revisados, siendo de $r=0,67-0,72$ para MacCaslin y McGuigan (1956), $r=0,24$ en hombres y $r=0,19$ en mujeres de rifle para Tierney, Cartner y Thompson (1979) o $r=0,21-0,25$ con rifle calibre 22 para Thompson, Smith, Morey y Osborne (1980).

Por su parte Mon, Zakyntinaki, Cordente, Monroy, Rodriguez et al. (2015) y Mon et al. (2014) señalan que la experiencia y el entrenamiento se relacionan con el rendimiento con valores de r^2 corregidas de 0,12 y 0,19 respectivamente, lo que implicaría coeficientes de variación de 2,34% a 2,24% en el rendimiento, si hablamos específicamente de tiradores de pistola aire masculinos.

Parece ser también que la experiencia juega un papel relevante en el rendimiento en tiro como consecuencia del aprendizaje cognitivo de la propia actividad; así el conocimiento de aspectos teóricos de la acción de disparo podía influir en la disminución de disparos con valor 0 o en el ajuste apropiado de las miras, lo que consecuentemente aumentaría el rendimiento (Chung et al., 2004; Chung et al., 2006).

Otros estudios explican que la experiencia es relevante a la hora de ajustar la visión en la acción de disparo. Los tiradores más experimentados tienen rendimientos superiores cuando se dan condiciones de disparo en tiempos concretos, algo que podría suceder en modalidades como pistola velocidad y pistola deportiva. Esto, al parecer, es debido a que los deportistas más experimentados utilizan en mayor medida las vías de información kinestésica y vestibular (Aalto et al., 1990; Goonetilleke, Hoffmann y Lau, 2009).

Respecto a la visión y la experiencia de los tiradores, algo similar parece suceder en los tiradores de plato. Los deportistas con mayor experiencia parecen tener tiempos de visión enfocada y en el objetivo superiores a sus contrincantes de menor nivel (Causer, Bennett, Holmes, Janelle y Williams, 2010; Janelle et al., 2000), tanto en situaciones estándar como en situaciones con estímulos que disturben (Di Russo, Pitzalis y Spinelli, 2003). Además estos datos irían en concordancia con los estudios que sugieren que los deportistas más experimentados enfocan en la modalidades de plato más rápido al objetivo (Di Russo et al., 2003) como consecuencia de una mayor velocidad de procesamiento de la información. (Morrillo, Di Russo, Pitzalis y Spinelli, 2006).

Factores como la velocidad de procesamiento visual del espacio, la capacidad de atención ininterrumpida o el tiempo de estancia con ojos abiertos, también están relacionados con la experiencia, proporcionando a los tiradores más expertos mejores agrupaciones de disparo (Pojman et al., 2009).

Otra de las formas en las que la experiencia parece afectar al rendimiento es en los componentes físicos del tiro y no en los cognitivos, ya que estos parecen ser similares en los diferentes niveles de experiencia (se observaron patrones de ejecución similares en tiradores de distintos niveles, aunque con rendimientos dispares) (Goodman, Haufler, Shim y Hatfieldd, 2009; Goonetilleke et al., 2009). Goonetilleke et al. (2009) sugieren que la experiencia está relacionada con un mayor entrenamiento de la precisión vía equilibrio y trabajo sobre el disparador del arma.

La experiencia también es un factor importante en el rendimiento en tiro bajo presión o estrés. El rendimiento de policías experimentados ante estas situaciones fue superior al de sus compañeros noveles. La experiencia parece afectar al punto de enfoque visual y a la velocidad en la toma de decisiones (implicando esto desenfundar antes y apuntar más tiempo) (Vickers y Lewinski, 2012)

La experiencia, además de influir en la posición de los tiradores, determina el grado de confianza y de ansiedad que presentan en competición afectando al rendimiento de manera diferente en los tiradores en función de su experiencia (Chung, O'Neil, Delacruz y Bewley, 2005).

1.5.3. Parámetros fisiológicos

1.5.3.1. Temblor muscular

Con respecto a cómo el temblor muscular afecta la calidad del tiro, parecen existir unos componentes aleatorios y no aleatorios. Parece evidente que existen dos fases en la acción de disparo, una previa a los 0,6-0,8 segundos (s) antes de la acción del disparo y otra desde ese momento hasta el disparo. Durante la primera fase, el control motor y el temblor se atenúan según se acerca el momento de disparo conforme a la ley *Weber-Fechner* que establece una relación entre la intensidad del estímulo y la percepción del mismo. Por tanto

el menor cambio discernible en la magnitud de un estímulo es directamente proporcional a la magnitud del mismo. Posteriormente los componentes aleatorios se incrementan siendo especialmente importantes 0,3-0,15 s antes del disparo. Durante esta segunda fase los tiradores experimentados presentan valores inferiores en los componentes aleatorios que influyen en el temblor (Goodman et al., 2009).

Así pues, el temblor muscular parece estar inversamente relacionado con la calidad del tiro (Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014) y puede deberse a una multitud de factores:

- Factores hormonales como la adrenalina, a mayores concentraciones más temblores (Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014).
- La temperatura: a mayor temperatura intramuscular, más temblores (Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014). La temperatura muscular parece tener efecto en la amplitud del temblor; disminuciones en la temperatura se asocian a mejores agrupaciones de disparo y aumentos de rendimiento, mientras que cuando aumenta la temperatura disminuyen tanto el rendimiento como la agrupación (Lakie, Villagra, Bowman y Wilby, 1995).
- Factores farmacológicos: los beta-bloqueantes disminuyen los temblores musculares favoreciendo el rendimiento. (Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014).
- El volumen sanguíneo a nivel muscular: a mayor isquemia, menos temblores (Lakie, 2010).
- La respiración y el ritmo cardíaco, a mayor ritmo cardíaco o respiratorio mayores rangos de temblor muscular. (Chung et al., 2004; Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014).
- La ingesta de alcohol: en dosis bajas puede reducir el temblor muscular (Lakie, 2010).
- La realización de ejercicios que provoquen isquemia local, pueden provocar una reducción del temblor a corto plazo con un posterior aumento del temblor muscular por fatiga a medio plazo (Lakie, 2010; Loginov y Efimova, 2014).
- La distribución del peso y la longitud del arma, generando armas más cortas y menos pesadas menores temblores (Kemnitz, Johnson, Merullo y Rice, 2001; Yuan y Lee, 1997).
- La concentración de vitaminas en sangre: elevadas concentraciones de vitaminas como B₁, B₆ y B₁₂ mejoran la precisión del movimiento pudiendo disminuir el temblor muscular (Bonke y Nickel, 1988).

- La concentración de la cafeína en sangre cuyo aumento en sangre provoca mayores temblores musculares (Lakie, 2010), sin embargo dicha sustancia no está relacionada con el rendimiento en tiro de la misma forma en todas las modalidades de tiro tal y como podemos comprobar a continuación:

La ingesta de cafeína está asociada con un aumento del ritmo cardiaco, un aumento de la presión sanguínea y, consecuentemente, un aumento del temblor muscular y una caída del rendimiento en precisión (Lakie, 2010).

En la misma línea estaría el estudio de Gillingham, Keefe y Tikuisis (2004) que encontraron que el uso de cafeína provocaba una mejora en la detección y el movimiento hacia el objetivo de disparo en tiro militar, pero que descartó su uso en actividades con alto niveles cognitivos y de control y coordinación motora fina, como podría ser el tiro de pistola aire.

Sin embargo, la cafeína impidió el descenso de rendimiento en acciones que implicaban vigilancia, tiempo de reacción y rendimiento en pruebas militares de tiro, en situaciones de privación de sueño prolongado (McLellan et al., 2005; Tharion, Shukitt-Hale y Lieberman, 2003).

Tampoco parece tener un efecto negativo en tiro al plato, puesto que la ingesta de dicha sustancia no provocó una disminución del rendimiento en la modalidad de doble trap (Share, Sanders y Kemp, 2009).

1.5.3.2. Sistemas cardiovascular y respiratorio

1.5.3.2.1. Sistema cardiovascular

Con respecto al sistema cardio-respiratorio, parece existir relación entre el ritmo cardiaco y el rendimiento deportivo en tiro (Bertollo et al., 2012; Kayihan et al., 2013; Kayihan, Ersoz, Özkan y Tuna, 2014; Kontinen, Mets, Lyytinen y Paananen, 2003; Zhuang et al., 2008).

La frecuencia cardíaca media durante la acción de disparo, los cambios en la frecuencia cardíaca y la máxima frecuencia cardíaca durante el tiro parecen estar inversamente relacionados con el rendimiento (Kayihan et al., 2013).

Así pues, las variables cardíacas podrían explicar entre un 9 y un 24% del rendimiento de pistola policial en función de la variable escogida (Kayihan et al., 2014).

También se encontró una fuerte relación inversa entre la frecuencia cardíaca y la agrupación de disparo, tras la ejecución de un ejercicio fatigante, con relaciones de hasta $r=-0,74$, con el consecuente decrecimiento en el rendimiento (Evans, Scoville, Ito y Mello, 2003).

Por otro lado la frecuencia cardíaca parece verse influenciada por el nivel del deportista (Helin, Sihvonen y Hanninen, 1987); así se encontró que los tiradores de pistola aire de mayor nivel tenían mayor capacidad para controlar el ritmo cardíaco durante la acción de tiro que aquellos con menor nivel (Zhuang et al., 2008).

Si bien las reacciones en relación a la frecuencia cardíaca y a la presión arterial parecen individuales, parece existir un patrón de aumento de la frecuencia cardíaca cuando se realizan actividades de tiro (Fenici, Ruggieri, Brisinda y Fenici, 1999).

Otros estudios sin embargo no sugieren una relación tan clara entre la frecuencia cardíaca y el rendimiento deportivo, sino que sugieren la existencia de unas franjas de frecuencia cardíaca donde el deportista tiene una mayor probabilidad de obtener un rendimiento óptimo, siendo estas franjas individuales para cada deportista (Bertollo et al., 2012).

Bertollo et al. (2012) señalan que el ritmo cardíaco disminuye en los últimos 6-7 s antes del tiro, este descenso de la frecuencia cardíaca se realiza más suavemente en los disparos en las franjas consideradas de rendimiento óptimo que en las franjas de rendimiento moderado o pobre. Sin embargo, este patrón parece existir solamente en tiradores expertos de pistola pero no en tiradores noveles.

Por otro lado los tiros en las franjas consideradas de buena puntuación tienen niveles menores de conductividad eléctrica medida en la piel que los tiros de menor puntuación (Tremayne y Barry, 2001).

Similares resultados hallaron Konttinen et al. (2003) que encontraron dos franjas de rendimiento óptimo asociadas al ritmo cardíaco, siendo estas entre el 0-50% y 70-99% del ciclo cardíaco. Sin embargo dichos autores señalan la existencia de una zona preferente de disparo situada entre el 10-50% del ciclo cardíaco que coincidiría con la sístole ventricular.

También Helin et al. (1987), señalaron que los tiradores de élite realizaban más disparos en diástole con respecto a sus compañeros de menos nivel que realizaban disparos indistintamente tanto en sístole como en diástole.

Por su parte, Vega (2011) no encontró franjas óptimas de rendimiento relacionadas con la frecuencia cardíaca, si bien señala la existencia de una tendencia a la bajada de rendimiento deportivo una vez se supera un determinado umbral de frecuencia cardíaca.

Sin embargo otros estudios no encontraron relación alguna entre el rendimiento deportivo y la frecuencia cardíaca en tiro policial de pistola tras un ejercicio extenuante (Brown, Tandy, Wulf y Young, 2013). Tampoco se encontraron relaciones entre la frecuencia cardíaca y el rendimiento en tiradores junior de carabina, si bien existían unas franjas de localización del disparo preferentes con respecto al latido del corazón (Mets, Konttinen y Lyytinen, 2007).

Respecto a la diferencia en la frecuencia cardíaca entre tiradores noveles y expertos, los tiradores con más experiencia han demostrado tener menores variabilidades en su frecuencia cardíaca, algo que podría referenciarse a diferentes niveles de ansiedad (Pojman et al., 2009), sin embargo otros estudios no han podido corroborar esta tendencia (Oudejans, 2008).

1.5.3.2.2. Sistema respiratorio

Por otro lado parece evidente que la respiración influye en el movimiento del cañón del arma y por tanto es un parámetro muy a tener en cuenta cuando los tiradores ejecutan la acción de disparar.

Así la duración de la respiración su locación con respecto al momento de disparo están directamente relacionadas con el rendimiento en rifle (Chung et al., 2004; da Costa Dias, Dantas, Moreira y da Silva, 2005; Nagashima, Delacruz, Lee, Wainess y Baker, 2011).

1.5.4. Parámetros técnicos (estabilidad del arma)

Para gran cantidad de autores la estabilidad del arma es primordial en el rendimiento en tiro olímpico. Este parámetro puede diferenciar claramente niveles de rendimiento y puede ser un factor importante para entender el rendimiento de cada deportista (Baca y Kornfeind, 2010; Chung et al., 2006; Hawkins, 2011; Kontinen et al., 1998; Mononen et al., 2007; Pellegrini y Schena, 2005; Scholz, Schoner y Latash, 2000; Tang et al., 2008; Vaez-Mousavi, Hashemi-Masoumi y Jalali, 2008; Zanevskyy, Korostylova y Mykhaylov, 2012).

De igual forma parece ser que los tiradores de élite/expertos presentan patrones de movimiento del arma más estables que los tiradores menos cualificados (Baca y Kornfeind, 2010; Pojman et al., 2009).

1.5.4.1. Estabilidad del arma en la zona de disparo

Lo que en el ámbito deportivo se denomina parada o estabilidad del arma (Colado, 2011) está relacionado directamente con el rendimiento de tiro en pistola; mayor estabilidad equivale a mayores rendimientos, pudiendo determinar la estancia dentro del área de 10 puntos durante los 3 s previos al disparo hasta un 18% del rendimiento (Hawkins, 2011), o hasta un 90% si tenemos en cuenta el último segundo (Ball et al., 2003b).

Esta idea estaría reforzada por el estudio de (Mononen et al., 2003), que señalaron que la estancia dentro del área del 9, junto con la distancia total recorrida por el cañón y su desplazamiento en el eje X, eran capaces de determinar hasta el 51% del rendimiento en carabina.

En pistola sin embargo la estabilidad del arma podía predecir el rendimiento deportivo en un 41% siendo la variable de estancia dentro del área del 9 la más importante en el rendimiento deportivo (Hawkins y Bertrand, 2015).

1.5.4.2. Relación directa entre rendimiento deportivo y parada

La estabilidad del arma parece ser un elemento diferenciador del nivel deportivo de los tiradores (Era et al., 1996; Zatsiorsky y Aktov, 1990) relacionándose ambas variables con valores de $r=0,52$ (Konttinen et al., 1998).

Estudios militares han estimado la relevancia de la estabilidad del arma con respecto al rendimiento deportivo entre el $r=0,22$ y $r=0,72$ (Chung et al., 2006). Valores inferiores se encontraron en el estudio de Konttinen et al. (1998) donde esta relación solamente llegó a $r=0,13$.

1.5.4.3. Relación entre rendimiento deportivo, parada y estabilidad corporal

Mononen (2007) y Mononen et al. (2007) señalaron que la estabilidad del arma está íntimamente relacionada con la estabilidad corporal y que dicha combinación es capaz de determinar hasta el 26% del rendimiento en tiradores noveles de carabina y hasta el 82% para tiradores de élite de carabina (Ihalainen, Kuitunen, Mononen y Linnamo, 2015), valor que para Ball et al. (2003b) oscilaría entre el 19% y el 50% del resultado.

En la modalidad de *running target* o blanco móvil dicha combinación podría explicar hasta el 74,8% si se tienen en cuenta también las diferencias en el movimiento del centro de presiones (COP) entre prueba genérica de equilibrio de ojos abiertos y la prueba específica de tiro de disparo real (Viitasalo et al., 1999).

Esta idea de influencia de estabilidad corporal y del arma estaría refrendada por otros estudios en la modalidad de pistola (Pellegrini y Schena, 2005) y carabina élite (Ball et al., 2003a).

1.5.4.4. Relación entre la dirección de los movimientos de la parada y el rendimiento

Para Ihalainen et al. (2015) la estabilidad del arma explicaría hasta un 81% del rendimiento en tiradores de nivel nacional e internacional, siendo la estabilidad del arma en el plano horizontal la más relevante en el rendimiento explicando hasta el 54%.

Respecto a los movimientos del brazo y la parada en pistola, la amplitud de movimientos es mayor cuanto más nos acercamos a la punta del cañón del arma. Parece ser que los tiradores de élite tienen menores movimientos de la pistola en los tres ejes, teniendo más movimiento vertical que lateral algo que no sucede en los tiradores de menor nivel (Pellegrini y Schena, 2005; Tang et al., 2008) .

Además parece que el movimiento vertical no está relacionado con el rendimiento mientras que el movimiento lateral sí. Estas diferencias podrían ser debidas a que los tiradores de mayor nivel se centran más en la presión al disparador y en apuntar automatizando en mayor medida el resto de los aspectos (Tang et al., 2008).

Sin embargo, Pellegrini y Schena (2005) encontró mayores diferencias en el movimiento vertical que en el horizontal del arma en función de los niveles deportivos.

1.5.4.5. Relación entre la velocidad de los movimientos de la parada y el rendimiento

Parece también claro que las velocidades y desplazamientos del arma disminuyen a medida que se acerca el momento de disparo (Mullineaux et al., 2012) y que son menores en los tiradores de mayor nivel que en los deportistas de menor nivel.

Con respecto a la velocidad del movimiento del arma, esta también está influida por el tiempo permitido para la acción, algo que a su vez determina el tiempo de reacción, teniendo ambas variables una relación directa y positiva. Esto es especialmente importante en modalidades donde el tiempo de acción no es libre como la pistola velocidad o la pistola deportiva (Minvielle y Audiffren, 2000).

1.5.4.6. Relación entre la presión al disparador, la parada y el rendimiento

Otro de los factores que determinan la estabilidad del arma es la forma en que el deportista realiza la presión sobre el disparador. Generalmente esta presión debería estar en la misma línea y de forma paralela a la del cañón del arma para evitar fuerzas que sean transferidas lateral o verticalmente al cañón e influyan negativamente en el disparo y consecuentemente en el rendimiento (Reinkemeier et al., 2006; Todorovic, 2010).

De igual forma esta presión debería ser progresiva para evitar movimientos bruscos en el arma y que dificulten su control (Colado, 2011; Nagashima et al., 2011; Reinkemeier et al., 2006; Todorovic, 2010).

Respecto a la influencia en la presión del disparador y la limpieza con la que se ejecuta este movimiento, esta variable sería capaz de explicar por sí sola en torno a un 31-34% de la varianza del rendimiento deportivo de pistola (Hawkins, 2011).

También parece que existe un punto donde el tirador parece automatizar el control general del movimiento para centrarse en el gatillo y así poder realizar un movimiento de gran control. Este cambio de fases parece coincidir con 0,6-0,8 s previos al disparo. Estos datos están en la misma línea del estudio de Minvielle y Audiffren (2000) que señalaron que el movimiento consta de dos fases, una de movimiento general y una de ajuste para apuntar.

1.5.4.7. Relación entre el grado de activación cerebral y la parada

Para Vaez-Mousavi et al. (2008) la activación del sujeto, influye también en la estabilidad del arma entendida como la distancia recorrida por el arma en un 19% y en el tiempo de estancia de la misma dentro del blanco en un 30% en la modalidad de rifle.

La estabilidad del arma, no sólo es importante en el tiro en las modalidades de precisión, sino también en las modalidades de plato. Los diferentes estados de ansiedad de los sujetos parecen modificar la estabilidad del movimiento del cañón del arma así como sus desplazamientos haciéndolos más largos y más rápidos cuando están más ansiosos (Causer, Holmes, Smith y Williams, 2011).

1.5.4.8. Relación entre las dimensiones y el peso del arma y la parada

Otros factores que influyen en el arma y su estabilidad son tanto el peso como la longitud del arma empleada, así rifles más cortos y ligeros parecen ser más efectivos en militares en tiro en seco (Kemnitz et al., 2001) y en fuego real (Yuan y Lee, 1997).

Esta idea esta reforzada por Yuan y Lee (1997), quienes además encontraron una relación inversa entre el movimiento del cañón del arma y la agrupación de disparo muy elevada ($r=0,86-0,98$).

1.5.5. Parámetros de condición y ejercicio físico

1.5.5.1. Fatiga y ejercicio

La fatiga suele ser un componente generalizado en el deporte que provoca disminución en el rendimiento. En el caso del tiro olímpico, la fatiga muscular del tren superior está asociada a un aumento del temblor muscular con el correspondiente deterioro del rendimiento deportivo. Sin embargo, esfuerzos de carácter isométrico que provocan isquemia muscular podrían tener el efecto contrario a corto plazo (Lakie, 2010).

Algunos de los aspectos que pueden influir en la fatiga muscular son el peso del arma empleada y la distribución del mismo. Parece ser que mientras el peso del arma no influye en la fatiga muscular, medida por electromiograma, sí influye en la percepción subjetiva de esfuerzo. Sin embargo, una distribución de pesos más alejada en el arma con respecto al centro de masas del cuerpo si genera una mayor fatiga y una mayor percepción de esfuerzo (Selinger, 2010).

Respecto a la influencia de ejercicios fatigantes en el tiro, parece ser que ejercicios que fatigan débilmente el musculo no disminuyen el rendimiento en pistola pero alargan el periodo de apuntar en tiradores de alto nivel. Sin embargo ejercicios con alta carga fatigante menguan inmediatamente el rendimiento (Ryu y Khan, 2012). Por ejemplo, la ejecución de circuitos militares era capaz de reducir hasta en un 7% el rendimiento en tiro (da Costa Dias et al., 2005). Parecidos son los resultados en militares que realizaron ejercicios con carácter aeróbico (carrera entre el 70-90% del $VO_2\text{max}$ (Volumen Oxígeno Máximo) y marcha militar con mochila cargada), donde tras realizar el ejercicio se disminuyó tanto el

rendimiento como la agrupación de disparo. Sin embargo en sujetos entrenados dichas variables volvieron a sus valores de base tras periodos de recuperación de entre 1,5 min y 3 min, en ejercicios de tiro rápido (Mello, 1999).

Más claros son los efectos del ejercicio fatigante en el tiro en el estudio de Evans et al. (2003), donde el porcentaje de impactos en el blanco disminuyó un 46% justo tras finalizar el ejercicio y donde se aumentó la dispersión de disparos hasta el 71%.

En la misma línea se encontró una disminución del rendimiento (una mayor dispersión de disparo y una mayor amplitud de desplazamiento de los disparos en el plano horizontal) tras realizar ejercicio especialmente tras una marcha con mochila cargada en militares y en menor medida tras la realización de escalada y carrera (Tharion, Montain, Obrien, Shippee y Hoban, 1997).

También se encontró que tras realizar ejercicio el movimiento del COP aumentaba tanto en pruebas inespecíficas como en pruebas específicas de tiro (Niinimaa y McAvoy, 1983).

Sin embargo, Brown et al. (2013) no observaron diferencias de rendimiento en policías en el tiro con pistola a una distancia fija de 10 yardas sobre una silueta tras la realización de un ejercicio extenuante. En la misma línea, tampoco se observó una reducción de rendimiento deportivo por pérdida de fuerza muscular debido a la fatiga local, en tiro policial tras la realización ininterrumpida de 1,60 rondas de tiro (Rodd et al., 2010).

Por otro lado estudios donde los participantes tenían la opción de determinar la distancia de disparo después de un periodo de carrera, difieren en sus resultados con los estudios previos, puesto que no se observaron diferencias en el rendimiento de tiro a medida que se incrementaba la fatiga general. De igual forma a medida que la fatiga se incrementaba, el tiempo de disparo era mayor (Nibbeling, Oudejans, Cañal-Bruland, van der Wurff y Daanen, 2013)

Contrariamente, da Costa Dias et al. (2005) encontraron una disminución del tiempo de disparo tras la realización de un circuito militar y el correspondiente incremento de la fatiga.

Con respecto al tiempo de disparo sin embargo, en modalidades donde el tiempo para disparar está limitado por el reglamento como pueda ser la modalidad pistola velocidad

(donde la ejecución de 5 disparos se realiza en series de tiempo de 8, 6 o 4 s) la realización del primer disparo no variaba demasiado en cuanto a velocidad de movimiento del arma, posición y tiempo de ejecución (Walmsley y Williams, 1994).

Según Zanevskyy et al. (2012) los programas de entrenamiento deberían estar diseñados a largo plazo con el fin de evitar el sobreentrenamiento, su consecuente fatiga y el deterioro del rendimiento en el tiro de pistola.

1.5.5.2. Acondicionamiento físico general

El acondicionamiento físico general está recomendado por multitud de autores para mejorar el rendimiento deportivo (González, 1997; Mon, 2006; 2014; Reinkemeier et al., 2006; Rio, 2003). Para Kayihan et al. (2013) una buena condición física que englobe capacidades como el equilibrio, la fuerza, la coordinación o la flexibilidad influyen en el rendimiento deportivo en tiro de pistola.

Otros autores señalan que los aspectos físicos pueden predecir hasta el 11,79% del rendimiento en acciones de tiro policial con pistola, incluyendo aspectos de fuerza, velocidad y capacidad aeróbica (Vučković y Dopsaj, 2007).

Copay y Charles (1998) estiman la relación entre las variables de preparación física y el rendimiento en tiro policial entre $r=0,09$ y $r=0,68$.

Más allá de asumir que el entrenamiento para mejorar la condición física general es necesario para mejorar el rendimiento deportivo, algunos autores dan pautas para su trabajo, señalando que la incorporación de otros deportes pueden complementar la preparación de los tiradores (Mon, 2010b, 2010-2011).

Respecto a la influencia de la capacidad aeróbica y su influencia en el rendimiento en tiro, el $VO_2\text{max}$ no parece estar relacionado directamente con el rendimiento, si bien los militares con un mayor $VO_2\text{max}$ disminuyeron en menor medida su rendimiento tras ejecutar un circuito previo a una prueba de tiro (da Costa Dias et al., 2005).

1.5.5.3. Fuerza

Si bien la fuerza parece ser un factor que puede influir en el rendimiento en el tiro olímpico (Krasilshchikov et al. , 2007; Mon, 2006, 2008-2009, 2010a; Rio, 2003), no existen muchos estudios que analicen la influencia de este parámetro en el rendimiento en pistola aire.

No obstante algunos autores apuntan de alguna manera en la forma en que dicha cualidad puede ser entrenada, incidiendo especialmente en la combinación de un trabajo fuerza y resistencia (Mon, 2010a; Rio, 2003).

En el programa de entrenamiento de fuerza diseñado por Vercruyssen et al. (1989), aunque no se mejoraron los valores de fuerza del hombro o flexión palmar, sí mejoraron los resultados deportivos un 10% en el 75% de la muestra.

La fuerza general y específicamente la abdominal y lumbar parecen estar asociadas durante programas de entrenamiento a la mejora de la capacidad para apuntar durante el periodo general de la temporada y al rendimiento durante la fase precompetitiva, tanto en pistola como en carabina (Krasilshchikov et al., 2007).

Según Vučković y Dopsaj (2007) la capacidad de ejercer fuerza por parte de los músculos de las piernas, los músculos de la espalda y los músculos flexores de la mano influyen en el rendimiento en tiro de pistola policial.

1.5.5.3.1. Fuerza flexora de los dedos

La fuerza de flexora de los dedos es una variable utilizada para medir la fuerza en tiradores, no obstante según algunos autores esta variable puede ser considerada como un indicador de la fuerza física general también (Koley y Gupta, 2012).

Respecto a la comparación de la fuerza flexora de los dedos entre tiradores y población normal, parece ser que el grupo de tiradores presenta valores superiores a la población no tiradora (Koley y Gupta, 2012).

Igualmente parecen existir diferencias en la fuerza flexora de los dedos entre hombres y mujeres encontrándose valores superiores en varones que en mujeres en tiradores de rifle (Mondal et al., 2011), algo que también sucede en pistola (Anderson y Plecas, 2000; Charles y Copay, 2000), lo cual parece ser un factor relevante en la diferencia de rendimiento entre hombres y mujeres en las pruebas de tiro policial.

Sin embargo no se encontraron diferencias en el rendimiento según el sexo en militares (Kemnitz et al., 2001). Estos datos son opuestos a los encontrados en el estudio de Copay y Charles (2001b) donde sí se encontraron diferencias en el rendimiento de disparo en policías.

También se encontraron diferencias entre hombres y mujeres en los valores de máxima contracción isométrica (Copay y Charles, 2001b), área sección del corte transversal del musculo y de la fuerza específica (Vučković et al., 2008).

Rodd et al. (2010) encontraron mejoras en la fuerza flexora de los dedos tras un programa específico de entrenamiento de 26 semanas. Esta variable estaba asociada al rendimiento en tiro de pistola con valores de $r^2=0,1-0,07$, al principio y al final del programa de entrenamiento respectivamente, sin embargo, no se observaron cambios significativos debidos al aumento de fuerza al finalizar el estudio.

También Copay y Charles (2001b) encontraron una relación similar entre estas variables oscilando esta entre $r^2=0,07-0,02$ en función del momento del análisis.

Anderson y Plecas (2000) encontraron que la fuerza flexora de los dedos combinada de ambas manos y la fuerza flexora de los dedos de la mano de disparo podían predecir hasta el 14% del rendimiento de tiro cuando se agrupaban hombres y mujeres, si bien hay que señalar que dicho estudio no encontró relación entre el rendimiento y la fuerza flexora de los dedos cuando se analizaron hombres y mujeres por separado. Además, hay que señalar que en este estudio la fuerza flexora de los dedos se mostró como un factor limitante en mujeres pequeñas.

Por su parte Mon et al. (2015) señalaron que la fuerza flexora de los dedos se relaciona con el rendimiento en valores que oscilan entre r^2 corregidas $=0,1-0,11$ o su equivalencia a un coeficiente de variación (CV) de entre 2,35-2,37%, en tiradores de pistola aire masculinos.

Esta relación entre la fuerza flexora de los dedos y el rendimiento deportivo también se encontró en el estudio de Vercruyssen et al. (1989) con valores muy superiores de $r=0,96$ en tiro de pistola calibre 22.

De igual forma programas de entrenamiento policial redujeron la diferencia de fuerza flexora de los dedos entre sexos, disminuyendo también la diferencia en el rendimiento en tiro (Charles y Copay, 2000).

Sin embargo estudios como el de Mason et al. (1990) no encontraron relación entre el rendimiento deportivo y la fuerza ejercida por la mano en la pistola.

1.5.5.3.2. Fuerza abductora del hombro

Parece ser que los movimientos del cañón del arma en el eje vertical están íntimamente relacionados con la acción muscular del hombro, siendo relevantes en la diferenciación de niveles deportivos (Pellegrini y Schena, 2005).

Respecto a la influencia de la fuerza del hombro y el rendimiento deportivo en acciones de disparo ejecutadas en un tiempo limitado 20 y 10 s, se encontraron relaciones importantes con valores de $r=0,82$ y $r=0,89$ respectivamente.

Por su parte Mon et al. (2015) no encontraron relaciones significativas entre la fuerza del hombro y el tiro de pistola aire, si bien dichos autores hacen referencia a la existencia de tendencias positivas en este sentido.

1.5.5.4. Equilibrio

Parece haber consenso en la bibliografía respecto a que el equilibrio es un factor relevante en la estabilización del arma y, consecuentemente, en el rendimiento deportivo en el tiro olímpico (Aalto et al., 1990; Goonetilleke et al., 2009; Herpin et al., 2010; Kontinen et al., 1998b; Krasilshchikov et al., 2007; Mon, 2006; Mononen et al., 2007; Pellegrini y Schena, 2005; Puglisi y La rocca, 2014; Zanevskyy et al., 2010).

Muchos autores han demostrado que el equilibrio por si sólo juega un papel en el rendimiento deportivo encontrándose correlaciones positivas entre ambas variables (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009; Koley y Gupta, 2012; Krasilshchikov et al., 2007).

Respecto a la forma en que los tiradores obtienen la información para equilibrar su cuerpo durante la acción de disparo, parece que los tiradores son más eficientes que otros grupos de población por la vía quínestésica y vestibular, especialmente en condiciones de ojos cerrados y posición estática, obteniendo valores absolutos inferiores en el área y el desplazamiento lateral del COP (Herpin et al., 2010).

Su, Wu y Lee (2000) también comentan que los valores de equilibrio son mejores en tiradores que en población normal, obteniendo una mejor información por vía kinestésica y vestibular, si bien este estudio matiza que la variable de mayor diferencia es la velocidad del COP y no la dispersión del mismo.

Del mismo modo, los tiradores de mayor nivel deportivo presentan valores inferiores en amplitudes (Aalto et al., 1990; Era et al., 1996; Kontinen, Lyytinen y Era, 1999), y velocidades de desplazamiento del COP (Aalto et al., 1990; Niinimaa y McAvoy, 1983) lo que no solamente observan en pruebas específicas de tiro sino también en pruebas generales.

Por su parte, Mononen et al. (2007) indican que el equilibrio se relaciona con la precisión del disparo en dos formas: 1) los movimientos del cuerpo están directamente relacionados con los del arma y 2) valores constantes de equilibrio corporal elevados determinan la precisión y el rendimiento en un análisis inter-individual en tiradores noveles de rifle.

Aunque el grado de influencia del equilibrio sobre el rendimiento varía en función de los estudios revisados, algunos de estos estudios han demostrado relaciones entre el equilibrio y el rendimiento de hasta $r=0,95$ en tiradores de pistola lituanos (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009).

Otros estudios como los de Mononen (2007) y Mononen et al. (2007) señalaron que el equilibrio asociado a la estabilidad del arma es capaz de explicar una varianza del 26% del rendimiento en tiradores noveles de rifle. Mientras que Mason et al. (1990) señalaron que la

combinación de estabilidad del arma y estabilidad corporal explicaría un 53% del rendimiento deportivo en tiradores de nivel nacional de pistola aire.

Por otra parte, el estudio de Ihalainen et al.,(2015) señaló que el equilibrio corporal tan solo explicaría un 1% del rendimiento de los tiradores de carabina experimentados.

Era et al. (1996) señalaron que el equilibrio sólo es sinónimo de éxito en los tiradores noveles y menos experimentados, no sucediendo esto en los tiradores de mayor nivel.

En la misma línea, Koley y Gupta (2012) señalan que un test como el “*stork*” (cigüeña) tiene relación con el rendimiento deportivo en tiradores sin experiencia pero no en tiradores experimentados. Este mismo test fue utilizado por Krasilshchikov et al. (2007) en tiradores de rifle y pistola jóvenes encontrando también una relación directa entre el rendimiento y el equilibrio en distintas fases de la temporada.

También existen estudios que indican que los tiradores de mayor nivel en pistola y carabina tienen valores inferiores de movimientos del COP (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009). Este patrón parece repetirse no sólo en modalidades de precisión sino también en las de plato (*Skeet*) donde el área de la elipse “dibujada” por el COP fue inferior en los tiradores de mayor nivel (Puglisi y La rocca, 2014).

Sin embargo otros estudios sugieren que el equilibrio corporal no es un factor diferenciador de un mismo deportista según se encuentre en un nivel de rendimiento u otro. Ello explicaría que niveles bajos de equilibrio pueden estar relacionados con óptimos rendimientos el 50% de las veces, algo que podría ser debido al grado de automatización de esta variable. Por esta razón el trabajo de equilibrio no mejora mucho el rendimiento (Bortoli, Bertollo, Hanin y Robazza, 2012).

Esta idea se vería reforzada por el estudio de Mononen et al. (2007) que no encontraron relación intra-individual entre el equilibrio y el rendimiento. Sin embargo, hallaron que a menor variabilidad en el equilibrio en el análisis intra-individual, mayor relevancia tenía el equilibrio en el rendimiento (Mononen, 2007).

De forma similar, Ball et al. (2003a) no encontraron relación alguna entre el equilibrio y el rendimiento en su análisis inter-individual realizado con tiradores de élite de carabina. Por su parte, Ball et al. (2003b) solamente encontraron relación entre el equilibrio y el rendimiento en pistola (nivel élite) en uno de cada cinco casos.

Para Konttinen et al. (1999), si bien el equilibrio es un elemento claramente diferenciador entre niveles deportivos (élite versus noveles), esta variable por sí sola no es suficiente para determinar el rendimiento.

El ángulo que deben formar los pies con respecto a la línea de tiro difiere en los diferentes trabajos revisados, sugiriendo 0° (Freeman, 1968), 10° (Colado, 2011), 15° (Antal, 1985), de 0° a 22° (Todorovic, 2010), o hasta 45° (Leatherdale, 1995).

Hawkins (2013) señala que ángulos de pies de 0°, 15°, 30° y 45° con respecto a la línea de disparo no influyen en el desplazamiento del COP ni en su velocidad. Sin embargo, para dicho autor las variables de equilibrio pueden determinar el porcentaje de estancia del arma dentro del 10 en un 8,2% y el resultado en un 3,7%, obteniéndose los mayores rendimientos entre 15° y 45°.

Parece que la anchura de pies afecta tanto a las velocidades medio-lateral como antero-posterior del movimiento del COP, así como a las distancias recorridas por el COP en el eje X e Y, afectando también a la estabilidad del arma y al tiempo de estancia dentro de la puntuación de 10 (Hawkins y Sefton, 2011). A pesar de ello, este mismo autor no encontró diferencias significativas en el rendimiento en pistola aire respecto de estas variables.

La longitud total de desplazamiento del centro de presiones es otra variable del equilibrio que parece influir en el rendimiento deportivo en tiradores pentatletas (Dadswell, Payton, Holmes y Burden, 2013). Esta variable determinaría un 33% de la varianza en un análisis intra-individual, no siendo para dichos autores el único parámetro que determina el rendimiento sino un sistema más complejo.

Respecto al comportamiento del COP durante el proceso de apuntar, parece evidente que existe una disminución tanto de su amplitud de desplazamiento como de su velocidad a medida que se acerca el momento de disparo (Mullineaux et al., 2012).

En la comparación entre hombres y mujeres no se encontraron diferencias en valores de equilibrio (Su et al., 2000).

Con respecto a la influencia del calzado en tiradores, Viitasalo et al. (1998) no encontraron diferencias entre distintos tipos de calzados en el movimiento del COP, en la estabilidad del arma o en el rendimiento en la modalidad de “*running target*”.

La longitud y el peso del arma parece ser un factor también que puede influir en el equilibrio del tirador; según Yuan y Lee, (1997) apuntar con mayor peso y longitud genera un mayor trabajo muscular y mayores amplitudes de movimiento del COP.

1.5.6. Parámetros psicológicos

Dentro de los parámetros que determinan el rendimiento en tiro también se encuentran factores psicológicos. Muchos estudios coinciden en que la ansiedad disminuye en mayor o menor medida el rendimiento (Causer et al., 2011; Chung et al., 2006; John, Verma y Khanna, 2010; Kayihan et al., 2013, 2014; Nieuwenhuys et al., 2009; Nieuwenhuys y Oudejans, 2010, 2011; Nibbeling, Oudejans y Daanen, 2012; Oudejans, 2008).

Otros autores apuntan a que altos estados de ansiedad provocan un mayor consumo de oxígeno, elevan el ritmo cardíaco (Chung et al., 2004; Chung et al., 2005; Kayihan et al., 2014), aumentan el tiempo de ejecución del disparo, disminuyen el rendimiento en tareas de precisión (Nibbeling, Oudejans, Ubink y Daanen, 2014) o incluso modifican la posición de ejecución (Nieuwenhuys y Oudejans, 2010). El aumento del consumo de oxígeno y, por tanto, de los ritmos ventilatorio y cardíaco, aumentarían el temblor muscular con su consecuente repercusión en el rendimiento en las actividades de precisión (Lakie, 2010).

La ansiedad-estado puede hacer que el rendimiento en tiro en situaciones de presión decrezca entre un 0,9% (John et al., 2010) y un 13% (Kayihan et al., 2013; Kayihan et al., 2014) en pistola, siendo el cambio en la ansiedad de estado el valor más determinante en el rendimiento en pistola policial con una influencia en el rendimiento de hasta el 24% (Kayihan et al., 2014), 26% (Kayihan et al., 2013) o incluso un 34% en la utilización de rifles por marines (Chung et al., 2005).

Por otro lado, Vickers y Williams (2007) aun encontrando cambios en la ansiedad asociados a situaciones de alta presión, no encontraron diferencias en el rendimiento en tiradores de biathlon.

Sin embargo, en situaciones de alto estrés en tiro de pistola policial se reduce el rendimiento y el tiempo de acción al primer disparo y total en ejercicios de tiro que conllevan varios disparos consecutivos mientras aumenta la frecuencia cardíaca

(Nieuwenhuys y Oudejans, 2010, 2011). Similares resultados se encontraron en tiro al plato, donde estados de alta ansiedad reducían el tiempo al segundo disparo (disparo realizado al segundo plato en los puestos de *skeet*, donde se tiran platos dobles, saliendo cada uno de ellos de las casetas “*Mark y Pull*” simultáneamente) y el rendimiento en la modalidad de tiro olímpico de *Skeet* (Causer et al., 2011).

La ansiedad también puede modificar la forma en que se fija la mirada en un objetivo y la eficiencia motora, lo que podría ser una causa de disminución del rendimiento, principalmente en tiradores noveles (Behan y Wilson, 2008; Nibbeling et al., 2012).

La capacidad de fijar la mirada en el objetivo durante mayor tiempo parece estar relacionada con el rendimiento deportivo en pistola, algo que también está determinado por el número de parpadeos en estas situaciones, hasta un 3% superior en situaciones de alto estrés según (Nieuwenhuys y Oudejans, 2010, 2011). En la misma línea, Vickers y Williams (2007) encontraron que en situaciones de alta presión los biatletas del equipo nacional canadiense eran capaces de evitar un deterioro del rendimiento deportivo debido a un aumento del tiempo de fijación visual en el objetivo.

Esta capacidad de fijar la mirada en situaciones de estrés competitivo también determina el rendimiento en tiradores de élite de otras modalidades de tiro al plato como el *skeet*, el foso olímpico y el doble trap. En la modalidad de *skeet*, además altos estados de ansiedad reducen el tiempo de fijación visual de los deportistas en el objetivo (Causer et al., 2011).

Sin embargo, cuando se realizaron pruebas generales para las capacidades visuales no se encontraron diferencias entre tiradores de nivel nacional y sin experiencia, siendo los rendimientos de ambos grupos muy diferentes. Las capacidades visuales no juegan un papel determinante en el rendimiento para estos autores (Abernethy y Neal, 1999).

Otro de los parámetros psicológicos que parece estar relacionado con el rendimiento deportivo es el nivel de activación (entendida como el cambio en el nivel basal de excitación al realizar la tarea), a su vez relacionado con factores fisiológicos como la frecuencia cardíaca o la conductividad de la piel. Autores como Bertollo et al. (2012) sugieren que existen unos rangos individuales para cada tirador donde este tiene una mayor probabilidad de obtener un rendimiento óptimo.

De igual forma, la activación parece estar relacionada con el rendimiento en tiro de rifle en forma de U invertida (es decir, los rangos óptimos de rendimiento deportivo estarían asociados a niveles intermedios de activación, teniendo los estados de baja y alta activación menores rendimientos), afectando entre otras variables al tiempo de estancia en el blanco y el ritmo de disparo (Vaez-Mousavi et al., 2008).

Sin embargo otros estudios señalan que la activación tiene una correlación inversa con el rendimiento deportivo en tiro de pistola, disminuyendo el tiempo total de disparo y el intervalo entre disparos (Vaez-Mousavi, Naji, y Hassanzadeh, , 2011).

Respecto a la forma en que se activa el cerebro en la acción del disparo, Doppelmayr, Finkenzeller y Sauseng (2008) señalan que existen diferencias en la estrategia utilizada entre novatos y expertos siendo la activación cerebral lineal durante toda la acción de disparo en novatos mientras que los tiradores expertos aumentan su concentración justo en el momento del disparo, aproximadamente en los últimos 3 s previos al mismo, influyendo este aspecto claramente en el rendimiento deportivo en rifle.

Estas diferencias entre niveles deportivos en la activación cerebral también parecen encontrarse en las zonas activadas siendo los potenciales de activación superiores en los laterales del cerebro en novatos, posiblemente por un menor control motor y visual (Konttinen et al., 1998a).

De igual forma, también parece haber una asociación entre los potenciales de activación del cerebro y la parada del arma, siendo los potenciales de activación mayores en situaciones de menor parada (Konttinen et al., 1998a). También parece ser que existe una relación entre los potenciales, las zonas de activación dentro del cerebro y el rendimiento deportivo (Konttinen, Lyytinen y Konttinen, 1995).

Para Konttinen et al. (2000), la estrategia de disparo tampoco es igual en tiradores de nivel internacional y nacional, si se analizan por separado los disparos de alta puntuación y se comparan con los disparos de menor puntuación, observándose especialmente diferencias en la estrategia utilizada en los disparos de mayor puntuación. Mientras que los tiradores de nivel internacional se centran en estabilizar el arma y luego disparar, en nivel nacional esto no sucede así.

Sin embargo, Guillot, Collet, Molinaro y Dittmar (2004) señalan que los deportistas de mayor nivel (tiradores) presentan duraciones de concentración mayores que los de menor nivel (pentatletas) en disparos reales. Señalan además que los mejores tiros tienen igualmente periodos de concentración superiores a los tiros menos buenos.

El estudio de Di Russo, Pitzalis, Aprile y Spinelli (2005) iría en la misma línea, puesto que observan que la activación cerebral en tiradores de élite de las modalidades de plato es menor y más rápida, con el consiguiente ahorro metabólico, que en los tiradores de menor nivel.

Domingues et al. (2008), por su parte, señalan que en la activación cerebral hay cambios durante el proceso de aprendizaje del tiro incrementándose el “*alpha absolute power*” o ondas *alpha*, algo que podría interpretarse como una disminución de la actividad neuronal en áreas específicas. Dichos autores atribuyen estos cambios a que en las primeras fases del aprendizaje los elementos de atención están más centrados en aspectos globales como la posición o la respiración en vez de en apuntar o presionar el gatillo, lo que hace que la variabilidad del rendimiento en estas primeras fases sea mucho mayor.

Con respecto al *alpha power*, es mayor en los mejores tiros en los que se incrementa al final del movimiento mientras decrece en los tiros de menor calidad; esto es debido, entre otras razones, a que los expertos automatizan más el movimiento y dependen menos de la visión (Loze, Collins y Holmes, 2001).

Además, el *alpha power* se incrementa durante la acción del disparo (en el hemisferio izquierdo mientras decrece en el derecho) (Janelle et al., 2000).

También parece ser que el grado de activación cerebral y la intensidad del mismo están relacionados con los movimientos del cuerpo en cuanto se refiere al equilibrio (Konttinen et al., 1999).

La disminución de la actividad cerebral durante el proceso de aprendizaje podrían ser debida a la integración del sistema sensorio-motor y a un menor esfuerzo cognitivo dada la automatización de parte de los movimientos (Kerick, Douglass y Hatfield, 2004).

Con respecto al entrenamiento de los aspectos psicológicos, John et al. (2010) sugieren entrenar simultáneamente con programas de relajación mediante estímulos musicales. Por

su parte Kayihan et al. (2013) y Oudejans (2008) también aconsejan entrenar en situaciones de estrés para mejorar este factor y, con ello, el rendimiento.

1.5.7. Relaciones entre variables

1.5.7.1. Relación entre el movimiento del centro de presiones y el movimiento del arma

Existe la idea de que el sistema de transmisión de fuerzas desde el suelo hasta la punta del cañón del arma es un sistema complejo, por tanto parece ser que el movimiento de la pistola no es consecuencia exclusiva del movimiento del centro de presiones (Pellegrini y Schena, 2005). Según este mismo estudio, los movimientos del arma en el eje horizontal están asociados a los movimientos del COP en el eje antero-posterior. Estos movimientos son constantes en todo el brazo y no varían a medida que nos acercamos a la punta del cañón. Sin embargo, esto no parece ocurrir en el eje vertical del arma, donde sí se produce un aumento de la velocidad de los segmentos del cuerpo a medida que nos acercamos a la punta del cañón del arma y nos alejamos del centro del cuerpo.

Según Dadswell et al. (2013) los movimientos del COP en el eje medio-lateral están relacionados con el movimiento vertical del arma, mientras que los movimientos del COP en el eje antero-posterior con los movimientos horizontales de la pistola. Si bien esto sólo sucedía en los tiradores de pentatlón y no en los tiradores especialistas de pistola.

Asimismo, Niinimaa y McAvoy (1983) encontraron relaciones entre el movimiento medio-lateral del cuerpo y el movimiento vertical del cañón y también entre los movimientos antero-posteriores del COP y los movimientos medio-laterales del cañón, algo que también se da en el estudio de Ihalainen et al. (2015). Por su parte, Era et al. (1996) encontraron relaciones entre los movimientos verticales del rifle y los movimientos longitudinales del COP, en tiradores especialistas de carabina.

Según Balasubramaniam, Riley y Turvey (2000) existen dos subsistemas de control del movimiento cuando se realiza la acción de apuntar, siendo estos la articulación del tobillo y el complejo articular de la cadera. Los movimientos en los ejes antero-posterior y medio-lateral pueden ser independientes cuando el plano frontal y el del blanco son paralelos.

También señalan que los movimientos en el eje antero-posterior son superiores a los del medio-lateral.

Existen varios estudios que han demostrado correlaciones entre el movimiento del arma y el COP, como así sucede en tiradores de élite de carabina (Ball et al., 2003a) o en tiradores de élite de pistola donde 4 de cada 5 tiradores tenían relación entre el movimiento del arma y del COP (Ball et al., 2003b).

Según Hawkins y Sefton (2011) aumentos en las velocidades y distancias del COP, disminuyen la estabilidad del arma si se tiene en cuenta el tiempo de estancia en el área de máxima puntuación.

Mason et al. (1990) señalan que existe una relación ($r^2=0,3$) entre los movimientos del arma y del cuerpo de un modo general variando en función de la asociación seleccionada.

1.5.7.2. Relaciones entre antropometría y movimiento del COP

Koley y Gupta (2012) no encontraron ninguna correlación entre los parámetros antropométricos y de movimiento del COP.

1.5.7.3. Fuerza y antropometría

En tiradores de élite se encontraron relaciones entre la fuerza flexora de los dedos y el peso corporal, la estatura y el contorno de bíceps en contracción. Sin embargo, no se encontraron estas correlaciones en sujetos no tiradores (Koley y Gupta, 2012).

En la misma línea Mondal et al. (2011) encontraron correlaciones en tiradores de rifle entre la fuerza máxima flexora y resistencia de la mano y el peso corporal y la estatura tanto en hombres como en mujeres.

Anderson y Plecas (2000) también encontraron relación entre el peso corporal y la fuerza de la mano dominante y la combinada de ambas manos en hombres y el grupo compuesto por hombres-mujeres pero no en el análisis de hombres o mujeres por

separado. También encontraron relación entre la circunferencia de brazo y la fuerza combinada o del brazo dominante en hombres, mujeres y como grupo combinado.

1.5.7.4. Equilibrio y peso

Según Hue et al. (2007), el peso corporal puede ser un fuerte predictor del equilibrio corporal. El 52-54% de la velocidad del movimiento del COP, podría ser explicado por el peso en una relación directa. El peso corporal también podría explicar, aunque en menor medida, la amplitud del movimiento del COP en los ejes medio-lateral $r^2=0,37$ y antero-posterior $r^2=0,16$.

Similares resultados se obtuvieron cuando se analizó la relación entre el IMC y el movimiento del COP, donde los grupos con mayores índices de masa corporal obtuvieron valores superiores en el rango de movimientos en el eje medio-lateral, antero-posterior y en el movimiento total del COP (Ku, Abu Osman, Yusof y Wan Abas, 2012).

La influencia del peso corporal y el IMC en el equilibrio en el estudio de Alonso et al. (2012) fue sin embargo muy inferior, obteniéndose relaciones de $r=0,23$ para el movimiento en el eje medio-lateral y el área de desplazamiento del COP y de $r=0,24$ para el eje antero-posterior. Curiosamente dichos autores no obtuvieron correlaciones entre la velocidad del movimiento del centro de presiones con el peso corporal. Tampoco encontraron correlación alguna entre las variables del movimiento del centro de presiones y el IMC.

Por otro lado, la influencia del peso corporal en acciones en las que una persona ha de mantenerse en situaciones bipodales prolongadamente, parece claramente negativa. Los sujetos con mayor sobrepeso tenían valores inferiores en todas las variables de equilibrio al comienzo de la prueba de resistencia en posición de pie con respecto a sus compañeros de menor peso. Además el equilibrio empeoró más rápidamente durante la prueba en los sujetos con mayor sobrepeso (Singh, Park, Levy y Jung, 2009).

1.5.8. Validación de la prueba de medición de equilibrio en tiro sin necesidad de utilización del arma

A excepción del estudio de Mon, Zakyntthinaki, Cordente, Barriopedro y Sampedro (2015), realizado con 11 deportistas del grupo de selección de talentos de la RFEDETO, no existen estudios con el objetivo de desarrollar una prueba válida y fiable capaz de medir los parámetros del movimiento del COP en tiro. Dicho estudio obtuvo coeficientes de correlación intra-clase entre las variables del movimiento del COP que oscilaban entre 0,90 y 0,99, dependiendo de la variable, lo que otorgaba a dicha prueba un alto nivel de validez. Sin embargo los autores también reflejaron la necesidad de realizar futuros estudios que corroboraran los datos debido a la escasa potencia estadística de su muestra.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Hipótesis

Algunas variables descriptivas, el equilibrio y la fuerza determinan el rendimiento deportivo en la modalidad de pistola aire de la forma expuesta a continuación:

- La fuerza de los músculos abductores del hombro en la posición de disparo y de los flexores de los dedos de la mano que realiza la acción de disparo está directamente relacionada con el rendimiento deportivo en la prueba de pistola aire, tanto en hombres como en mujeres.
- Los movimientos del centro de presiones están asociados a la capacidad de equilibrar el organismo, estando inversamente relacionados con el rendimiento deportivo en la prueba de pistola aire, tanto en hombres como en mujeres.
- El rendimiento deportivo en la prueba de pistola aire está directamente relacionado con la experiencia y las horas de dedicación semanal al entrenamiento.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo principal

Determinar el grado de influencia de las variables descriptivas (edad, entrenamiento, experiencia, estatura, peso e IMC), de fuerza (flexora de dedos y abductora de hombro) y de equilibrio (velocidades y amplitudes de desplazamiento del COP) en el rendimiento deportivo en pistola aire comprimido, tanto en hombres como en mujeres.

2.2.2. Objetivos secundarios

- I. Analizar las relaciones intrínsecas entre las variables descriptivas, de equilibrio (velocidades y amplitudes de desplazamiento del COP) y de fuerza (flexora de dedos y abductora de hombro) teniendo en cuenta su posible influencia en el rendimiento en tiro.

- II. Validar una prueba para la medición del movimiento del centro de presiones en la prueba de pistola aire sin la necesidad de utilización del arma.
- III. Comprobar las diferencias existentes en las variables descriptivas, de equilibrio (movimientos del centro de presiones) y de fuerza (flexora de dedos y abductora del hombro) entre hombres y mujeres.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Participantes

Los participantes de este estudio fueron: 23 mujeres con una edad media de $31,26 \pm 11,2$ años, un peso corporal de $66,58 \pm 12,2$ Kg y una estatura de $164,4 \pm 6,36$ cm y 46 hombres con una edad media de $42,7 \pm 10,7$ años, un peso corporal de $87,38 \pm 13,3$ Kg y una estatura de $175,1 \pm 6,99$ cm, todos ellos tiradores que compitieron en el campeonato de España de aire comprimido celebrado en 2012 en Madrid (Tabla 5). Durante el estudio se ofertó a todos los tiradores categoría sénior y tiradoras categoría damas (21 a 54 años en ambos casos) inscritos en la competición, la posibilidad de realizar el estudio. De acuerdo con el reglamento de la Real Federación Española de Tiro Olímpico (RFEDETO), previo a la inscripción en el campeonato de España los tiradores masculinos debían haber acreditado en competiciones anteriores de carácter nacional o provincial puntuaciones iguales o superiores a 510 puntos. Por su parte las mujeres debían acreditar puntuaciones superiores a 320 (RFEDETO, 2012).

Las características descriptivas (edad, estatura, peso corporal, IMC) de los sujetos de la muestra se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5
Edad (años), estatura (cm), peso (Kg) e IMC (Kg/m²) de los participantes del estudio

	Mujeres			Hombres		
	n	Media	sd	n	Media	sd
Edad	23	31,26	$\pm 11,2$	46	42,7	$\pm 10,7$
Altura	23	164,4	$\pm 6,36$	46	175,1	$\pm 6,99$
Peso	23	66,58	$\pm 12,2$	46	87,38	$\pm 13,3$
IMC	23	24,63	$\pm 4,28$	46	28,6	$\pm 4,6$

Nota: tamaño de la muestra (n); desviación estándar (sd); índice masa corporal (IMC)

Previo al proceso de selección de participantes, se realizó un cuestionario (ver Anexo I) que servía además de consentimiento informado. En dicho cuestionario, además de los datos de experiencia, horas de entrenamiento semanales y mejor marca personal, se preguntaba a los deportistas si habían sufrido algún tipo de lesión durante el último año.

Siguiendo las recomendaciones de Hertel (2000), aquellos participantes que habían sufrido lesiones fueron descartados para el estudio ya que dichas lesiones podían afectar a los parámetros de equilibrio medidos en el estudio.

3.2. Variables

Las variables analizadas en esta tesis se detallan a continuación pudiéndose dividir en tres secciones:

- Variables antropométricas y variables relacionadas con el entrenamiento y el rendimiento deportivo:

- Edad (años).
- Estatura (m).
- Peso corporal (Kg).
- IMC (Kg/m^3).
- Experiencia (años).
- Entrenamiento (horas/semana).
- Rendimiento (puntos en competición).
- Rendimiento medio por disparo (puntos en competición/ n° disparos)
- Rendimiento en 3 disparos (puntos/ n° disparos).

- Variables relacionadas con el equilibrio válidas para las pruebas con pistola y con mancuerna (Figura 13) :

- Máximo desplazamiento del COP en el eje X (mm).
- Máximo desplazamiento del COP en el eje Y (mm).
- Longitud del eje principal de la elipse formada por los movimientos del COP (mm).
- Longitud del eje secundario de la elipse formada por los movimientos del COP (mm).
- Ángulo entre el eje principal de la elipse formada por los movimientos del COP y el eje X (grados).
- Área total del desplazamiento del COP (mm^2).

- Velocidad media del COP en el eje X (mm/sec).
- Velocidad máxima del COP en el eje X (mm/sec).
- Velocidad media del COP en el eje Y (mm/sec).
- Velocidad máxima del COP en el eje Y (mm/sec).
- Velocidad media del COP (mm/sec).
- Velocidad máxima del COP (mm/sec).
- Velocidad mínima del COP (mm/sec).

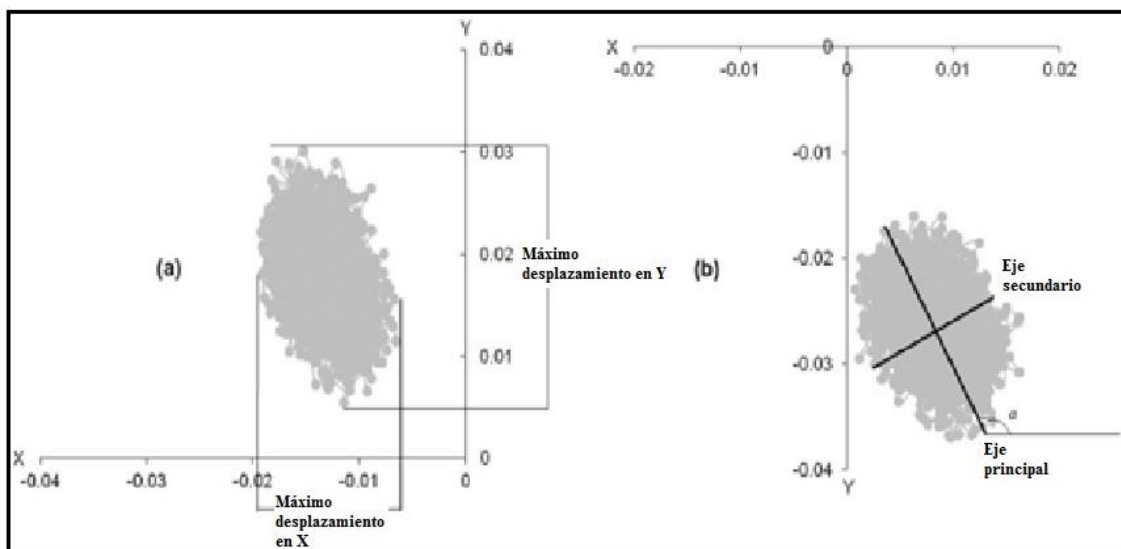


Figura 13. Medición de los desplazamientos máximos del centro de presiones en los ejes X e Y, así como en los ejes principal y secundario de la elipse y ángulo entre el eje principal de la elipse y el eje X.

- Variables relacionadas con la fuerza:
 - Fuerza flexora de los dedos media (N).
 - Fuerza flexora de los dedos máxima (N).
 - Fuerza flexora de los dedos relativa al IMC máxima ($N \cdot m^2 / Kg$).
 - Fuerza flexora de los dedos relativa al IMC media ($N \cdot m^2 / Kg$).
 - Fuerza flexora de los dedos relativa al peso máxima (N/Kg).
 - Fuerza flexora de los dedos relativa al peso media (N/Kg).
 - Fuerza abductora isométrica del hombro media (N).
 - Fuerza abductora isométrica del hombro máxima (N).

- Fuerza abductora isométrica del hombro relativa al IMC media ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{Kg}$).
- Fuerza abductora isométrica del hombro relativa al IMC máxima ($\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{Kg}$).
- Fuerza abductora isométrica del hombro relativa al peso media (N/Kg).
- Fuerza abductora isométrica del hombro relativa al peso máxima (N/Kg).

3.3. Materiales

Para la medición de los movimientos del centro de presiones en los ejes X (antero-posterior) e Y (medio-lateral) se utilizó una plataforma de fuerza portátil modelo *Kistler* 9286AA (ver figura 14) con una frecuencia de muestreo de 100hz.

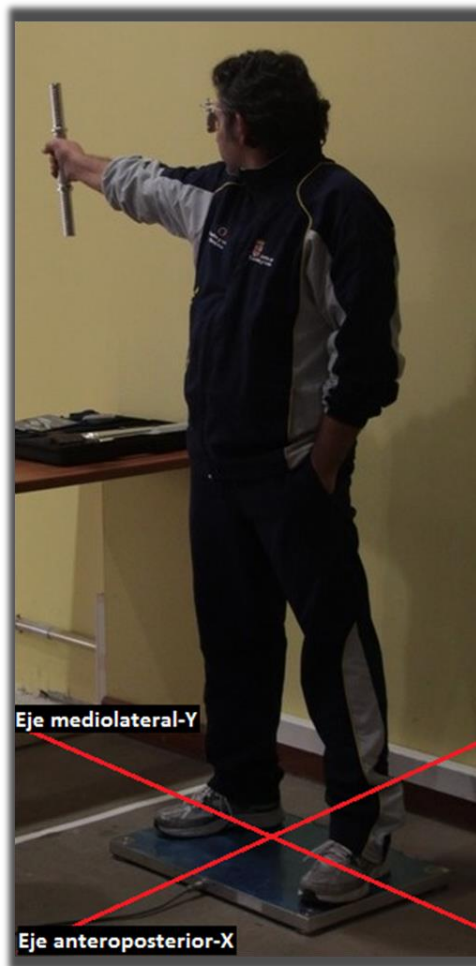


Figura 14. Tirador realizando la prueba de equilibrio con la mancuerna sobre plataforma modelo Kistler 9286AA.

Para la toma de los datos antropométricos se utilizaron:

- En la medición del peso igualmente se utilizó la plataforma de fuerza portátil *Kistler* 9286AA.
- La toma de la estatura se realizó mediante la utilización de un antropómetro de la marca *Siber Hegner Machinery Ltd.* (Zurich, Suiza) y con una precisión de ± 1 mm. Desmontable en cuatro segmentos, con una longitud total de 210 cm. y graduado en mm.

Para la medición de la fuerza abductora isométrica del hombro se usó una pesa tipo “*kettlebell*” de 16 Kg atada a un cable rígido de acero y colocada sobre la plataforma de fuerza *Kistler* 9286AA. Se diseñó sobre el cable una estructura de metal rígido ajustable a la altura de cada uno de los participantes.

Para la medición de la fuerza flexora de dedos se realizó mediante la utilización de un dinamómetro de mano modelo *Takei* A5401 (figura 15).



Figura 15. Dinamómetro portátil modelo Takei A5401.

De acuerdo con los requerimientos de la ISSF (ISSF, 2013b), la medición del rendimiento deportivo fue realizada mediante blancos de pistola de papel oficiales anteriormente descritos en punto 1.4.1. Aspectos reglamentarios del presente trabajo y que se pueden ver en la figura 1. La puntuación final de la competición fue proporcionada por

los árbitros designados por el Comité Nacional de Jueces Árbitros al final de la competición mediante la publicación de las puntuaciones de en el tablón oficial de la competición.

Para la medición de la puntuación de los tres disparos de la prueba de equilibrio con pistola se utilizaron blancos electrónicos *Sius Ascor* modelo S10 (imagen 2).

Para la realización de la prueba de validación de medición del equilibrio con mancuerna se utilizó una pesa de 1,5 Kg de peso. Por su parte, para la realización de los tres disparos se realizó con la pistola que cada deportista emplearía durante la competición.

La medición de las condiciones lumínicas de la galería de tiro se realizó mediante la utilización de un luxómetro modelo HT307 con una precisión para la medida de la iluminación hasta 200000 Lux, una resolución mínima de 0.1 Lux y conforme al nuevo reglamento electrónico para baja tensión (R.E.B.T) 2002 y a la normativa del Comité Español de Iluminación sobre la respuesta espectral y siguiendo las pautas marcadas por el reglamento en su artículo 6.4.14.3 del reglamento general de la ISSF (ISSF, 2013b), ver figura 16 e figura 17.

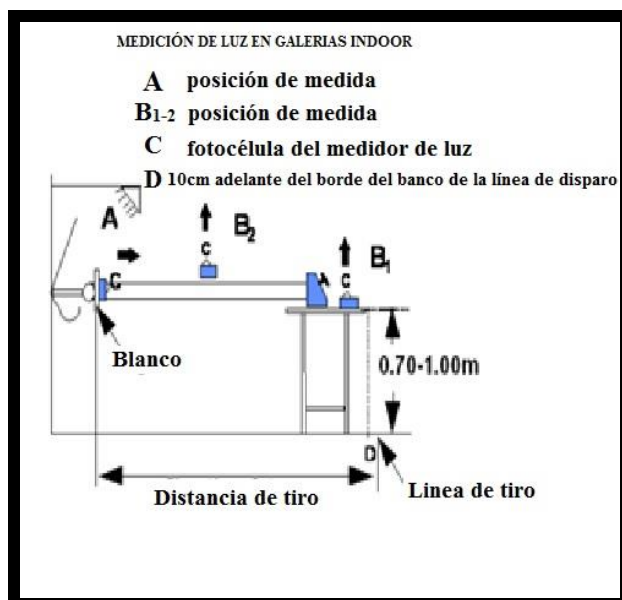


Figura 16. Criterios de medición según ISSF (ISSF, 2013b)



Figura 17. Luxómetro modelo HT307.

3.4. Prodecimiento

La toma de datos de esta tesis se llevó a cabo durante el campeonato de España de aire comprimido celebrado en 2012 en Madrid. Todos los datos fueron tomados durante los entrenamientos oficiales del campeonato, el día previo a la competición. El entrenamiento oficial es el único entrenamiento que tienen los deportistas en las mismas condiciones que en la competición, en el mismo puesto en el que posteriormente disputarán su prueba y con árbitros controlando el desarrollo del mismo.

El procedimiento constaba de varias partes:

a) Antropometría

Se midieron el peso corporal y estatura. Para la medición de la estatura se pidió a los sujetos que se descalzaran y se colocaran pegados a la pared, estirados, con la barbilla a 90 grados y la mirada al frente, realizando la medición en dos ocasiones y tomando la media aritmética de la misma. Para la medición del peso corporal se empleó la plataforma *Kistler* 9286AA, realizando la medición del peso en dos ocasiones y tomando la media aritmética de ambas mediciones debida la sensibilidad de la plataforma.

b) Experiencia, entrenamiento y rendimiento

Como ya se comentó anteriormente, los datos de experiencia y horas semanales de entrenamiento se obtuvieron del cuestionario que se puede consultar en el anexo I.

El rendimiento se obtuvo de las puntuaciones facilitadas al final de la competición por los árbitros de la RFEDETO. Para medir dicho rendimiento se utilizaron blancos de papel y los tiradores masculinos realizaron 60 disparos con una puntuación máxima posible de 600, mientras que las mujeres realizaron 40 con una puntuación máxima posible de 400. La competición se desarrolló en todo momento bajo la tutela de los árbitros oficiales y bajo las directrices del reglamento de las ISSF y la RFEDETO (ISSF, 2013b; RFEDETO, 2012).

Los valores medios de entrenamiento (horas de entrenamiento a la semana), experiencia (años practicando el deporte), rendimiento en competición, rendimiento medio por disparo y media de prueba de tres disparos de los sujetos de la muestra se muestran en la Tabla 6 (página 75).

c) Fuerza

Consistió en dos pruebas diferentes:

I. Mediante dinamómetro (figura 15), se realizaron tres tomas de datos de la fuerza flexora de los dedos de la mano con la que el tirador empuñaba el arma al igual que Copay y Charles (2001b). La posición para la medición era con el brazo extendido a lo largo de cuerpo (palma de la mano mirando al cuerpo y dorso al exterior). Desde ese punto se pedía a los participantes que hicieran la mayor fuerza posible sin flexionar el codo (figura 18).



Figura 18. Tirador realizando la prueba de fuerza flexora de dedos mediante dinamómetro (imagen del estudio piloto).

II. Se realizaron tres tomas de datos de la fuerza abductora del hombro del lado con el que el tirador empuñaba el arma empleando la *kettlebell* con el sistema ajustable. Para calcular la fuerza ejercida por el deportista se restaba de los 16 Kg de la báscula el peso que el participante liberaba de la báscula. La posición inicial del tirador era: lateral del cuerpo y brazo contrario (extendido en vertical) al de ejecución pegado a una pared y en contacto con la misma con el fin de fijar la posición del tronco y evitar su rotación sobre el eje frontal. El brazo de disparo se encontraba abducido a 90 grados. Desde ese punto se solicitaba a los participantes que realizaran la mayor fuerza abductora. Al igual que en la posición de disparo, la posición de la mano en abducción de 90 grados era con el dorso hacia detrás y la palma hacia el frente (figura 19).



Figura 19. Tirador realizando la prueba de fuerza abductora de hombro (imagen del estudio piloto).

En ambas pruebas, las variables de fuerza flexora de dedos máxima y de fuerza abductora de hombro máxima fueron obtenidas anotando el valor más alto de los tres intentos. En el caso de las fuerzas flexora de dedos media y abductora de hombro media, se anotó como valor, la media de los tres intentos.

Para ambas pruebas y dada su naturaleza de prueba de fuerza máxima se siguieron los criterios para test de fuerza máxima de de Salles, Miranda, da Silva Novaes, Lemos y Willardson (2009), concediendo a los deportistas un tiempo mínimo entre intentos de 60 s.

d) Equilibrio

Se realizaron dos pruebas diferentes que, siguiendo las premisas de Pinsault y Vuillerme (2009) relativas a la reproductibilidad de los test de medición de los movimientos del COP, se repitieron en tres ocasiones:

I. Se realizaron 3 simulaciones mediante la utilización de una mancuerna de peso 1,5 Kg. Este peso se corresponde con el peso máximo autorizado por el reglamento para las pistolas de aire comprimido (RFEDETO, 2012). El test se realizó siguiendo los criterios del estudio de Gulbinskienė y Skarbalius (2009) y por tanto realizando el movimiento de similar manera a como se haría con el arma real, permitiendo al tirador colocarse en su posición natural de disparo encima de la plataforma de fuerzas y simular el disparo tal y como lo ejecutaría en competición (figura 14).

II. Se realizaron 3 disparos mediante la utilización de la pistola propia que cada tirador fuera a utilizar durante la competición. Se permitió al tirador colocarse en su posición natural de disparo encima de la plataforma de fuerzas y realizar el disparo tal y como lo ejecutaría en competición sobre un blanco electrónico anotando la puntuación obtenida en el mismo. También se permitió a los tiradores durante las tres tomas de datos realizar una renuncia de disparo si así lo creían oportuno, anulando dicha toma. De igual forma se permitió a los tiradores realizar 3 disparos de ensayo previos a la toma de datos (figura 20).



Figura 20. Tirador realizando la prueba de equilibrio con pistola sobre plataforma modelo Kistler 9286AA.

La medición de los datos equilibrio se inició en el momento en el que el tirador detenía el movimiento del arma o mancuerna en la zona de disparo (aproximadamente 90°). Desde ese momento se contabilizaban 15 s de medición en los que el deportista aun habiendo ejecutado el disparo no podía descender el arma.

La duración de ambos test, por tanto, fue de 15 s. Si bien para Reinkemeier et al. (2006) el tiempo de disparo oscila entre 6-10 s como óptimo 8" y para Colado (2011) entre 4 y 8 s. Muchos tiradores rebasan en su ejecución dicho tiempo en algunos disparos. Con el fin de respetar el tiempo de disparo de todos los tiradores y optimizar la captación de los parámetros específicos del equilibrio se optó por tomar los datos en 15 s.

Con el objetivo de simular los tiempos de disparo y los ritmos reales de competición (60 disparos en 90 min en hombres y 40 disparos en 60 min en mujeres), se permitió a los

deportistas tener un descanso desde el final de la ejecución del disparo hasta transcurridos 90 s desde el inicio del movimiento de disparo. Por tanto para completar el ritmo real de un disparo cada 90 s, se consideraron 15 s de disparo más aproximadamente 75 s de descanso.

La luminosidad de la sala de tiro fue medida mediante un luxómetro portátil HT307. Valores de 1240 Lux se encontraron en el puesto de tiro y de 1900 Lux en el blanco empleado.

Con el fin de estandarizar ambos test se siguieron las directrices de Hawkins y Sefton (2011) en cuanto a la distancia entre los pies. Las distancias obtenidas entre ambos pies oscilaron entre 0,3 y 0,6 m.

El procedimiento fue diseñado también teniendo en cuenta el limitado tiempo del que disponían los investigadores, puesto que el tiempo oficial de entrenamientos oficiales era de 8 horas, una vez finalizado este las instalaciones estarían cerradas para cualquier tipo de uso.

Con el fin de minimizar los movimientos del centro de presiones, principalmente en la prueba de mancuerna, se recomendó a los tiradores “estar lo más quieto posible” durante la medición como sugieren Pinsault y Vuillerme (2009) y Zok, Mazzà y Cappozzo (2008). De la misma manera y siguiendo los criterios técnicos de Reinkemeier et al. (2006) y científicos de Caron, Fontanari, Cremieux y Joulia (2004), se les aconsejó que realizaran dicha prueba a ser posible en apnea.

3.5. Análisis estadístico

Para comprobar la distribución normal de las variables de la muestra se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para dicha prueba se asignó un valor de significación de $p=0,05$. Todos los valores obtenidos fueron superiores no rechazando por tanto la hipótesis nula, por lo que la distribución de las variables era normal.

Solamente se encontró una variable, las horas semanales de entrenamiento, que no se distribuía normalmente con valores de $p<0,01$ para los hombres y $p<0,05$ para las mujeres. Este suceso podría explicarse teniendo en cuenta las diferencias de la muestra al respecto ya que se encontraron tiradores aficionados que no entrenaban y deportistas de alto nivel

dedicados profesionalmente a entrenar, encontrándose valores que oscilaron entre 0 y 25 horas semanales en hombres y de 0 a 30 horas en mujeres.

Para el análisis de la validez de la prueba de utilización de mancuerna para medir el equilibrio se utilizaron coeficientes de correlación interclase o correlaciones de Pearson y coeficientes de correlación intraclase.

Para comparar las diferencias entre los valores de las variables entre hombres y mujeres se utilizó la prueba estadística T de Student.

Para saber las variables que determinaban el rendimiento deportivo en pistola aire se utilizaron regresiones lineales.

Para determinar la ecuación lineal de rendimiento de las variables analizadas se utilizó una regresión lineal mediante el método de pasos sucesivos.

El análisis estadístico de los datos fue realizado mediante el programa estadístico SPSS PASW Statistics 17. El nivel de significación fue de $p=0,05$.

Para el cálculo de los desplazamientos del COP, distancias, áreas, ángulos y velocidades se utilizó en programa matemático Matlab R2009a.

4. RESULTADOS

4.1. Diferencias entre hombres y mujeres

4.1.1. Variables descriptivas

En comparación con las mujeres, los hombres (Tabla 5, sección 3.1, página 59):

- fueron significativamente mayores ($t_{67}=-4,12$; $p<0,001$)
- fueron significativamente más altos ($t_{67}=-6,15$; $p<0,001$)
- fueron significativamente más pesados ($t_{67}=-6,29$; $p<0,001$)
- presentaron valores de IMC significativamente superiores ($t_{67}=-3,46$; $p<0,01$).

Para las variables de rendimiento medio, rendimiento en 3 disparos, experiencia o tiempo de entrenamiento semanal, no se encontraron diferencias significativas (Tabla 6).

Tabla 6

Experiencia (años), entrenamiento (horas semanales), rendimiento en competición (puntos), rendimiento medio por disparo (puntos), media de puntuación prueba de tres disparos (puntos)

	Mujeres			Hombres		
	N	Media	sd	n	Media	sd
Experiencia	23	9,09	± 6,43	46	11,92	± 8,9
Entrenamiento	22	6,36	± 8,58	46	5,7	± 5,64
Rendimiento competición	23	359,4	± 14,3	45	548,2	± 13,7
Rendimiento medio por disparo	23	8,99	± 0,36	46	9,1	± 0,34
Tiro3med	23	9,19	± 0,79	46	9,38	± 0,64

Nota: tamaño de la muestra (n); desviación estándar (sd); rendimiento medio en la prueba de 3 disparos (tiro3med)

4.1.2. Variables de fuerza

En comparación con las mujeres, los hombres presentaron valores superiores de fuerzas (Tabla 7):

- flexoras de los dedos medias ($t_{67}=-11,65$; $p<0,001$);
- flexoras de los dedos máximas ($t_{67}=-11,96$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro medias ($t_{66}=-11,11$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro máximas ($t_{66}=-10,1$; $p<0,001$);
- flexoras de los dedos relativas al IMC medias ($t_{67}=-6,51$; $p<0,001$);
- flexoras de los dedos relativas al IMC máximas ($t_{67}=-5,55$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro relativas al IMC medias ($t_{67}=-6,52$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro relativas al IMC máximas ($t_{67}=-6,71$; $p<0,001$);
- flexoras de los dedos relativas al peso medias ($t_{65}=-4,93$; $p<0,001$);
- flexoras de los dedos relativas al peso máximas ($t_{65}=-4,82$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro relativas al peso medias ($t_{65}=-5,81$; $p<0,001$);
- isométricas abductoras del hombro relativas al peso máximas ($t_{65}=-6,08$; $p<0,001$).

Resultados

Tabla 7

Valores medios de fuerza absoluta en newton (N), relativa al peso (N/Kg) y relativa al IMC (N*m²/Kg) en los hombres y mujeres de la muestra

	n	MUJERES		n	HOMBRES	
		Media	sd		Media	sd
Flexora dedos media	23	27,89	± 5,52	46	47,92	± 7,26
Flexora dedos máxima	23	29,60	± 5,31	46	49,96	± 7,24
Abduct. isom. hombro media	23	5,31	± 1,38	45	9,95	± 2,03
Abduct. isom. hombro máxima	23	5,50	± 1,44	45	10,33	± 2,05
Flexora dedos relativa IMC media	23	116,96	± 31,21	46	171,01	± 33,14
Flexora dedos relativa IMC máxima	23	123,85	± 30,93	46	173,90	± 42,77
Abduct. isom. hombro relat. IMC media	23	22,07	± 6,40	46	34,53	± 9,28
Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	23	22,78	± 6,51	46	35,83	± 9,43
Flexora dedos relat. peso media	23	0,43	± 0,10	44	0,56	± 0,09
Flexora dedos relat. peso máxima	23	0,46	± 0,10	44	0,58	± 0,09
Abduct. isom. hombro relat. peso media	23	0,08	± 0,02	44	0,11	± 0,02
Abduct. isom. hombro relat. peso máxima	23	0,08	± 0,02	44	0,12	± 0,02

Nota: tamaño de la muestra (n); desviación estándar (sd); abductora (abduct); isométrica(isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC)

4.1.3. Variables de equilibrio

En comparación con las mujeres los hombres presentaron (Tablas 8a y 8b):

a) valores significativamente inferiores de:

- desplazamiento máximo del COP en el eje Y (mancuerna) ($t_{67}=2,38$; $p<0,05$);
- velocidad media del COP en el eje X (mancuerna) ($t_{30}=6,34$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP en el eje X (mancuerna) ($t_{30}=5,25$; $p<0,001$);
- velocidad media del COP en el eje Y (mancuerna) ($t_{29}=6,35$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP en el eje Y (mancuerna) ($t_{29}=5,71$; $p<0,001$);
- velocidad media del COP (mancuerna) ($t_{29}=6,58$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP (mancuerna) ($t_{29}=5,7$; $p<0,001$);
- velocidad mínima del COP (mancuerna) ($t_{25}=3$; $p<0,01$);
- desplazamiento máximo del COP en el eje Y (pistola) ($t_{67}=2,46$; $p<0,05$);
- ángulo de la elipse (pistola) ($t_{61}=2,09$; $p<0,05$);
- velocidad media del COP en el eje X (pistola) ($t_{28}=6,48$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP en el eje X (pistola) ($t_{31}=6,22$; $p<0,001$);
- velocidad media del COP en el eje Y (pistola) ($t_{29}=6,19$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP en el eje Y (pistola) ($t_{67}=6,71$; $p<0,001$);
- velocidad media del COP (pistola) ($t_{29}=6,64$; $p<0,001$);
- velocidad máxima del COP (pistola) ($t_{67}=7,02$; $p<0,001$);
- velocidad mínima del COP (pistola) ($t_{32}=3,37$; $p<0,01$).

b) valores significativamente superiores de:

- la longitud del eje principal de la elipse (mancuerna) ($t_{61}=-2,1$; $p<0,05$).

No se encontraron diferencias en el resto de variables de equilibrio.

Resultados

Tabla 8a

Valores medios de equilibrio, (desplazamiento (mm), área (mm²), ángulos (grados) y velocidades (mm/s)) en los varones y mujeres de la muestra en la prueba de mancuerna

	MUJERES			HOMBRES		
	n	Media	sd	n	Media	sd
Desplaz. Max. X.	23	13,6	2,94	46	15,15	4,03
Desplaz. Max. Y.	23	9,50	2,50	46	7,94	2,60
Eje principal	19	13,38	3,30	44	15,33	3,42
Eje secundario	19	10,35	2,350	44	10,34	3,19
Ángulo	19	4,59	11,10	44	4,45	9,75
Área	23	116,50	52,90	46	121,2	66,60
Velocidad media X	23	22,00	3,95	46	16,52	2,42
Velocidad máxima X	23	99,24	19,50	46	75,98	12,00
Velocidad media Y	23	32,69	5,98	46	24,11	3,54
Velocidad máxima Y	23	147,80	29,50	46	109,9	16,80
Velocidad media	23	43,38	7,54	46	32,16	4,47
Velocidad máxima	23	153,20	30,7	46	113,90	17,40
Velocidad mínima	23	0,56	0,36	46	0,33	0,14

Nota: tamaño de la muestra (n); desviación estándar (sd); desplazamiento (desplaz); máximo (max).

Tabla 8b

Valores medios de equilibrio, (desplazamiento (mm), área (mm²), ángulos (grados) y velocidades (mm/s)) en los varones y mujeres de la muestra en la prueba de pistola

	MUJERES			HOMBRES		
	n	Media	sd	n	Media	sd
Desplaz. Max. X.	23	13,26	3,08	46	14,96	4,15
Desplaz. Max. Y.	23	8,65	2,32	46	7,42	1,76
Eje principal	20	13,37	3,36	44	14,85	3,88
Eje secundario	20	10,43	3,01	44	10,53	3,44
Angulo	20	9,33	10,7	43	3,39	10,4
Área	23	110,1	49,5	46	122	80,1
Velocidad media X	23	22,26	4,22	46	16,16	2,27
Velocidad máxima X	23	99,79	17,4	46	75,01	11,2
Velocidad media Y	23	33,03	6,44	46	24,08	3,67
Velocidad máxima Y	23	148,9	27,6	46	112,1	17,7
Velocidad media	23	43,84	8,04	46	31,87	4,5
Velocidad máxima	23	155,7	28,5	46	115,9	18,3
Velocidad mínima	23	0,43	0,19	46	0,28	0,13

Nota: tamaño de la muestra (n); desviación estándar (sd); desplazamiento (desplaz); máximo (max).

4.2. Factores de rendimiento

4.2.1. Mujeres (Tabla 9)

4.2.1.1. Respecto a las variables descriptivas

Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento deportivo y:

- las horas semanales de entrenamiento ($F_{1,21}=5,43$; $p<0,05$),

- el IMC ($F_{1,21}=5,74$; $p<0,05$).

4.2.1.2. Respecto a las variables de fuerza

Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento deportivo y las fuerzas:

- flexora isométrica de los dedos relativa al IMC media ($F_{1,21}=4,55$; $p<0,05$) y máxima ($F_{1,21}=4,39$; $p<0,05$),
- abductora del hombro isométrica relativa al IMC media ($F_{1,21}=6,89$; $p<0,05$) y máxima ($F_{1,21}=4,9$; $p<0,05$),
- abductora del hombro isométrica relativa al peso media ($F_{1,21}=6,16$; $p<0,05$).

Para el resto de variables de fuerza no se encontraron correlaciones significativas.

4.2.1.3. Respecto a las variables de equilibrio

Se encontraron correlaciones lineales inversas entre el rendimiento deportivo y el test con mancuerna con:

- el desplazamiento máximo del COP en el eje X ($F_{1,21}=11,64$; $p<0,01$) y en el eje Y ($F_{1,21}=42,9$; $p<0,001$),
- la longitud máxima del eje principal ($F_{1,17}=5,72$; $p<0,05$) y secundario de la elipse ($F_{1,17}=17,68$; $p<0,01$),
- el ángulo entre el eje X y el eje principal de la elipse ($F_{1,17}=6,28$; $p<0,05$) y
- el área total de desplazamiento del COP ($F_{1,21}=30,98$; $p<0,001$).

Se encontraron correlaciones lineales inversas entre el rendimiento deportivo y el test con pistola con:

- el desplazamiento máximo del COP en el eje X ($F_{1,21}=5,12$; $p<0,05$) y en el eje Y ($F_{1,21}=6,43$; $p<0,05$),
- la longitud máxima del eje principal ($F_{1,18}=10,00$; $p<0,01$) y secundario de la elipse ($F_{1,18}=10,9$; $p<0,01$)

Resultados

- el área total de desplazamiento del COP ($F_{1,21}=15,11$; $p<0,01$).

Tabla 9

Relación entre el rendimiento y las variables descriptivas, de fuerza y de equilibrio en la prueba con mancuerna y pistola, en valores de r , r^2 corregida y Coeficiente de variación $CV\% = sd/M \times 100$ en las mujeres de la muestra

		r	r^2 corregida	CV%	sig
Descriptivas	Entrenamiento	0,46	0,17	3,67	*
	IMC	0,46	0,18	3,61	*
Fuerza	Flexora dedos relativa IMC media	0,42	0,14	3,69	*
	Flexora dedos relativa IMC máxima	0,42	0,13	3,70	*
	Abduct. isom. hombro relat. IMC media	0,50	0,21	3,53	*
	Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	0,44	0,15	3,66	*
	Abduct. isom. hombro relat. peso media	0,48	0,19	3,58	*
Mancuerna	Desplaz. Max. X	0,60	0,33	3,27	**
	Desplaz. Max. Y	0,82	0,66	2,33	***
	Eje principal	0,50	0,21	2,85	*
	Eje secundario	0,71	0,48	2,3	**
	Angulo	0,52	0,23	2,82	*
	Área	0,77	0,58	2,59	***
Pistola	Desplaz. Max. X	0,44	0,16	3,65	*
	Desplaz. Max. Y	0,48	0,20	3,56	*
	Eje principal	0,60	0,32	3,43	**
	Eje secundario	0,61	0,34	3,38	**
	Área	0,65	0,39	3,10	**

* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$

Nota: abductora (abduct); isométrica(isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); desplazamiento (desplaz); máximo (máx); significación (sig)

4.2.1.4. Regresión lineal

La regresión lineal sugirió que las variables principales en la ecuación de predicción del rendimiento en las mujeres eran:

a) el área total del desplazamiento del COP ($p<0,01$) tanto en la prueba de mancuerna como en la prueba de la pistola y

b) la experiencia ($p<0,05$).

Según el análisis de los datos de esta tesis, tanto para la prueba de la pistola, como para la prueba de mancuerna, la ecuación de regresión lineal que predice el rendimiento en mujeres es:

(Rendimiento medio por disparo) = $9,370653 + 0,044331(\text{Experiencia}) - 0,005679(\text{área del COP})$

Con una $r^2 = 0,82$ y r^2 corregida = $0,79$ y valor crítico de $F = 6,71 \times 10^{-06}$.

Se recuerda que en la ecuación anterior, la variable del rendimiento tiene unidades de (puntos en competición/nº disparos), la variable de experiencia tiene unidades de (años) y la variable del área total del desplazamiento del COP tiene unidades de (mm^2).

4.2.2. Hombres (Tabla 10)

4.2.2.1. Respecto a las variables descriptivas

Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento deportivo y:

- las horas de entrenamiento ($F_{1,43} = 11,51$; $p < 0,01$)
- la experiencia ($F_{1,43} = 7,18$, $p < 0,05$) y
- la prueba de 3 tiros ($F_{1,43} = 13$; $p < 0,01$).

4.2.2.2. Respecto a las variables de fuerza

Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento deportivo y las fuerzas:

- flexora de los dedos media ($F_{1,43}=6,63$; $p<0,05$) y máxima ($F_{1,43}=6,03$; $p<0,05$),
- flexora isométrica de dedos relativa al IMC media ($F_{1,43}=9,22$; $p<0,01$),
- flexora de los dedos relativa al peso media ($F_{1,41}=7,32$; $p<0,05$) y máxima ($F_{1,41}=6,43$; $p<0,05$),
- abductora del hombro isométrica relativa al peso media ($F_{1,41}=5,96$; $p<0,05$) y máxima ($F_{1,41}=7,43$; $p<0,01$).

Para el resto de variables no se encontraron relaciones significativas $p>0,05$.

4.2.2.3. Respecto a las variables de equilibrio

Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento deportivo y:

- el desplazamiento máximo del COP en el eje X en la prueba de mancuerna ($F_{1,43}=4,92$; $p<0,05$) y
- la longitud máxima de desplazamiento del eje principal de la elipse en la prueba de pistola ($F_{1,43}=4,11$; $p<0,05$).

Resultados

Tabla 10

Relación entre el rendimiento y las variables descriptivas, de fuerza y de equilibrio en la prueba con mancuerna en valores de r , r^2 corregida y Coeficiente de variación $CV\% = sd/M \times 100$ en los hombres de la muestra

	Variable	r	r^2 corregida	CV%	sig
Descriptivas	Experiencia	0,38	0,12	2,34	*
	Entrenamiento	0,46	0,19	2,24	**
	Tiro3med	0,48	0,21	2,21	**
Fuerza	Flexora dedos media	0,37	0,11	2,35	*
	Flexora dedos máxima	0,35	0,1	2,37	*
	Flexora dedos relativa IMC media	0,42	0,16	2,29	**
	Flexora dedos relat. peso media	0,39	0,13	2,29	*
	Flexora dedos relat. peso máxima	0,37	0,12	2,31	*
	Abduct. isom. hombro relat. peso media	0,36	0,11	2,33	*
	Abduct. isom. hombro relat. peso máxima	0,39	0,13	2,29	**
Equilibrio	Desplaz. Max. X mancuerna	0,32	0,08	2,39	*
	Eje principal pistola	0,30	0,07	2,16	*

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Nota: abductora (Abduct); isométrica(isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); desplazamiento (desplaz); máximo (máx); significación (sig); rendimiento medio en la prueba de 3 disparos (tiro3med)

4.2.2.4. Regresión lineal

La regresión lineal sugirió que las variables principales en la ecuación de predicción del rendimiento en los hombres eran:

a) la experiencia ($p < 0,01$) y

b) la media fuerza flexora de los dedos relativa al peso ($p < 0,05$).

Según el análisis de los datos de esta tesis, la ecuación de regresión lineal que predice el rendimiento en hombres es

$$(\text{Rendimiento medio por disparo}) = 8,381976 + 0,013628(\text{Experiencia}) + 0,999536(\text{Fuerza})$$

Con una $r^2 = 0,63$ y r^2 corregida = 0,39 y valor crítico de $F = 0,0067$.

Se recuerda que en la ecuación anterior, la variable del rendimiento tiene unidades de (puntos en competición/nº disparos), la variable de experiencia tiene unidades de (años) y la variable la fuerza flexora de los dedos relativa al peso tiene unidades de (N/Kg).

4.3. Relaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio

4.3.1. Mujeres

Se encontraron correlaciones positivas entre algunas de las variables descriptivas y los desplazamientos del COP y correlaciones negativas entre algunas de las variables descriptivas y las velocidades del COP, a excepción de la relación entre el entrenamiento y la distancia recorrida por el COP en el eje secundario en la prueba con la pesa ($r = -0,42$ $p < 0,05$). A continuación, en las Tablas 11 y 12 se resaltan todas las correlaciones significativas que se encontraron entre las variables descriptivas y las variables de equilibrio, tanto en la prueba realizada con pistola como con mancuerna.

No se encontraron correlaciones significativas ni entre el entrenamiento y las variables del movimiento del COP en la prueba con pistola, ni entre la experiencia y las variables del movimiento del COP en la prueba con pistola $p > 0,05$.

Resultados

Tabla 11

Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de mancuerna en mujeres

	IMC	Peso	Altura	Edad	Entrenamiento	Experiencia
Desplaz. Max. X.	0,50*	0,46*		0,52**		
Desplaz. Max. Y.						
Eje principal	0,52*			0,49*		
Eje secundario	0,41*				-0,42*	
Ángulo	0,56*	0,47*				
Área	0,50**	0,36*				
Velocidad media X	-0,85***	-0,81***				
Velocidad máxima X	-0,71***	-0,69***				-0,44*
Velocidad media Y	-0,79***	-0,90***	-0,38*			
Velocidad máxima Y	-0,73***	-0,86***	-0,43*			
Velocidad media	-0,85***	-0,91***				
Velocidad máxima	-0,75***	-0,86***	-0,39*			-0,36*
Velocidad mínima						

*** p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001**

Nota: desplazamiento (Desplaz); máximo (Máx); índice masa corporal (IMC).

Tabla 12

Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de pistola en mujeres

	IMC	Peso	Altura	Edad
Desplaz. Max. X.	0,36*	0,43*		0,50**
Desplaz. Max. Y.				
Eje principal	0,42*	0,47*		0,62**
Eje secundario				
Angulo				
Área	0,36*			0,55**
Velocidad media X	-0,83***	-0,81***		
Velocidad máxima X	-0,84***	-0,84***		
Velocidad media Y	-0,77***	-0,88***	-0,38*	
Velocidad máxima Y	-0,79***	-0,89***	-0,36*	
Velocidad media	-0,83***	-0,90***		
Velocidad máxima	-0,73***	-0,87***	-0,45*	
Velocidad mínima				

* p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Nota: desplazamiento (Desplaz); máximo (Máx); índice masa corporal (IMC).

4.3.2. Hombres

Se encontraron correlaciones positivas entre algunas de las variables descriptivas y los desplazamientos del COP y correlaciones negativas entre algunas de las variables descriptivas y las velocidades del COP, a excepción de la relación entre el entrenamiento y la distancia recorrida por el COP en los ejes secundario y primario en la prueba con la pistola ($r=-0,26$ $p<0,05$) y entre la edad y la distancia máxima recorrida por el COP en el eje Y ($r=-0,42$ $p<0,01$). A continuación, en las Tablas 13 y 14 se resaltan todas las correlaciones significativas que se encontraron entre las variables descriptivas y las variables de equilibrio, tanto en la prueba realizada con pistola como con mancuerna.

No se encontraron correlaciones significativas ni entre el entrenamiento y las variables del movimiento del COP en la prueba con mancuerna, ni entre la altura y las variables del movimiento del COP en la prueba con mancuerna y pistola $p>0,05$.

Resultados

Tabla 13

Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de mancuerna en hombres

	IMC	Peso	Edad	Experiencia
Desplaz. Max. X.	0,37**	0,38**		
Desplaz. Max. Y.			-0,42**	
Eje principal	0,31*	0,26*		
Eje secundario				
Angulo		0,28*		
Área	0,28*			
Velocidad media X	-0,58***	-0,61***		-0,34*
Velocidad máxima X	-0,57***	-0,60***		-0,30*
Velocidad media Y	-0,77***	-0,84***	-0,27*	-0,26*
Velocidad máxima Y	-0,77***	-0,84***	-0,34**	-0,35**
Velocidad media	-0,75***	-0,81***	-0,25*	-0,30*
Velocidad máxima	-0,78***	-0,84***	-0,36**	-0,35**
Velocidad mínima				

* p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Nota: desplazamiento (desplaz); máximo (máx); índice masa corporal (IMC).

Tabla 14

Correlaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio en la prueba de pistola en hombres

	IMC	Peso	Edad	Entrenamiento	Experiencia
Desplaz. Max. X.	0,33*	0,32*			
Desplaz. Max. Y.	0,27*				
Eje principal	0,32*	0,31*		-0,26*	
Eje secundario	0,32*	0,31*		-0,26*	
Angulo	0,42**	0,41**			0,27*
Área	0,27*	0,29*			
Velocidad media X	-0,71***	-0,78***			-0,29*
Velocidad máxima X	-0,61***	-0,74***			-0,35**
Velocidad media Y	-0,81***	-0,92***			
Velocidad máxima Y	-0,77***	-0,89***	-0,26*		-0,27*
Velocidad media	-0,81***	-0,91***			
Velocidad máxima	-0,79***	-0,89***	-0,30*		-0,28*
Velocidad mínima					

* p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Nota: desplazamiento (desplaz); máximo (máx); índice masa corporal (IMC).

4.4. Relaciones entre variables de fuerza y descriptivas

4.4.1. Mujeres

Se encontraron múltiples correlaciones entre las variables de fuerza y las variables descriptivas que se detallan en la tabla 15. Entre todas las obtenidas cabría destacar las correlaciones positivas halladas entre el entrenamiento y las siguientes variables de la fuerza abductora isométrica del hombro: media ($r=0,43$ $p<0,05$), máxima ($r=0,44$ $p<0,05$) relativa al IMC media ($r=0,43$ $p<0,05$), relativa al IMC máxima ($r=0,45$ $p<0,05$), y relativa al peso corporal máxima ($r=-0,37$ $p<0,05$).

Ni el peso corporal ni el IMC se relacionaron positivamente con los valores de fuerza absoluta ($p>0,05$) si bien lo hicieron negativamente con los valores de fuerza relativos al peso corporal o al IMC (ver Tabla 15)

Resultados

Tabla 15

Correlaciones entre las variables descriptivas y de fuerza en mujeres

	Edad	Altura	Peso	IMC	Experiencia	Entrenamiento	Tiro 3med
Flexora dedos media		0,48*					0,39*
Flexora dedos máxima		0,44*					
Abduct. isom. hombro media		0,39*				0,43*	
Abduct. isom. hombro máxima	-0,36*	0,39*				0,44*	
Flexora dedos relativa IMC media		0,42*	-0,51**	-0,72***			
Flexora dedos relativa IMC máxima	-0,37*	0,39*	-0,52**	-0,72***			
Abduct. isom. hombro relat. IMC media	-0,39*	0,45*		-0,47*		0,43*	
Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	-0,41*	0,47*		-0,44*		0,45*	
Flexora dedos relat. peso media			-0,68***	-0,77***			
Flexora dedos relat. peso máxima			-0,69***	-0,76***			
Abduct. isom. hombro relat. peso media	-0,39*		-0,40*	-0,48*			
Abduct. isom. hombro relat. peso máxima	-0,41*			-0,43*	-0,37*	0,37*	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Nota: abductora (abduct); isométrica(isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); rendimiento medio en la prueba de 3 disparos (tiro3med)

4.4.2. Hombres

Se encontraron múltiples correlaciones entre las variables de fuerza y las variables descriptivas que se detallan en la Tabla 16.

Entre todas las obtenidas cabría destacar las correlaciones positivas halladas entre el entrenamiento y las variables de fuerzas abductoras isométricas del hombro absolutas, relativas al peso corporal y también relativas al IMC con valores que oscilaron entre $r=0,29-0,36$.

Por su parte, la experiencia estuvo relacionada positivamente con los valores de fuerza absoluta, tanto en fuerzas abductoras isométricas del hombro como en fuerzas flexoras de

Resultados

los dedos, mientras que la edad se relacionó negativamente con los valores relativos de fuerza al IMC y al peso.

El peso corporal y el IMC se relacionaron positivamente con los valores de fuerza absoluta y negativamente con los valores de fuerza relativos al peso corporal o al IMC.

Tabla 16

Correlaciones entre las variables descriptivas y de fuerza en hombres

	Edad	Altura	Peso	IMC	Experiencia	Entrenamiento	Tiro3 med
Flexora dedos media		0,33*	0,38**		0,39**		0,41**
Flexora dedos máxima		0,35**	0,39**		0,42**		0,40**
Abduct. isom. hombro media			0,35**	0,32*	0,27*	0,34**	0,33*
Abduct. isom. hombro máxima			0,37**	0,33*	0,25*	0,36**	0,33*
Flexora dedos relativa IMC media		0,56***	-0,41**	-0,66***			
Flexora dedos relativa IMC máxima	-0,26*	0,49***	-0,27*	-0,50***			
Abduct. isom. hombro relat. IMC media	-0,37**	0,26*		-0,33*		0,34*	
Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	-0,41**	0,28*		-0,34*		0,35**	
Flexora dedos relat. peso media			-0,50***	-0,58***			
Flexora dedos relat. peso máxima			-0,53***	-0,61***			
Abduct. isom. hombro relat. peso media	-0,26*		-0,42**	-0,37**		0,29*	
Abduct. isom. hombro relat. peso máxima	-0,31*		-0,41**	-0,37**		0,31*	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Nota: abductora (abduct); isométrica (isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); rendimiento medio en la prueba de 3 disparos (tiro3med)

4.5. Relaciones entre la fuerza y el equilibrio

4.5.1. Mujeres

Se encontraron múltiples correlaciones entre las variables de fuerza y las variables descriptivas que se detallan en la Tabla 17 (se han omitido de la tabla todas las correlaciones que no eran significativas para facilitar la lectura de las mismas).

Entre todas las obtenidas cabría destacar las correlaciones de las variables de fuerza absolutas que fueron siempre inversas con valores de entre $r=-0,35$ y $r=-0,43$ $p<0,05$.

Sin embargo las correlaciones de las variables de fuerza relativas al peso o al IMC mostraron dos comportamientos:

- Se obtuvieron correlaciones inversas en la relación con variables del desplazamiento (amplitud, ángulo y área) tanto para la prueba de pistola con valores de entre $r=-0,35$ y $r=-0,47$ como para la prueba de mancuerna con valores de entre $r=-0,35$ y $r=-0,50$.
- Se obtuvieron correlaciones positivas en la relación de las variables de velocidad de desplazamiento del COP tanto para la prueba de pistola con valores de entre $r=0,35$ y $r=0,62$ como para la prueba de mancuerna con valores de entre $r=-0,36$ y $r=-0,65$.
- No se encontraron correlaciones significativas ni entre la fuerza flexora de dedos media y las variables del movimiento del COP en las pruebas con mancuerna y pistola, ni entre la fuerza flexora de dedos máxima y las variables del movimiento del COP en las pruebas con mancuerna y pistola $p>0,05$.

Resultados

Tabla 17

Correlaciones entre las variables de equilibrio en las pruebas de pistola y mancuerna y fuerza en mujeres

	Abduct. isom. hombro media	Abduct. isom. hombro máxima	Flexora dedos relativa IMC media	Flexora dedos relativa IMC máxima	Abduct. isom. hombro relat. IMC media	Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	Flexora dedos relat. peso media	Flexora dedos relat. peso máxima	Abduct. isom. hombro relat. peso media	Abduct. isom. hombro relat. peso máxima
Desplaz. Max. X. Pistola						-0,37*	-0,37*	-0,35*	-0,42*	-0,46*
Desplaz. Max. Y. Pistola										
Eje principal pistola					-0,40*	-0,40*	-0,42*	-0,40*	-0,46*	-0,47*
Eje secundario pistola										
Angulo pistola										
Área pistola					-0,44*	-0,43*			-0,42*	-0,41*
Velocidad media X pistola			0,47*	0,46*			0,55**	0,53**		
Velocidad máxima X pistola			0,42*	0,40*			0,51**	0,49**		
Velocidad media Y pistola		-0,36*	0,40*	0,42*			0,56**	0,58**		
Velocidad máxima Y pistola			0,44*	0,45*			0,61**	0,62**		
Velocidad media pistola			0,45*	0,45*			0,59**	0,59**		
Velocidad máxima pistola	-0,37*	-0,40*	0,35*	0,37*			0,52**	0,55**		
Velocidad mínima pistola			0,41*	0,39*	0,40*	0,42*	0,38*		0,36*	0,39*
Desplaz. Max. X. Mancuerna			-0,41*	-0,42*			-0,43*	-0,43*		
Desplaz. Max. Y. Mancuerna	-0,38*				-0,50**	-0,43*			-0,46*	-0,38*
Eje principal mancuerna			-0,46*	-0,47*	-0,39*	-0,40*	-0,46*	-0,45*		-0,39*
Eje secundario mancuerna					-0,52*	-0,48*			-0,48*	-0,44*
Angulo mancuerna			-0,42*	-0,42*	-0,45*	-0,40*	-0,41*	-0,41*	-0,45*	-0,39*
Área mancuerna			-0,35*	-0,36*	-0,46*	-0,40*			-0,43*	-0,36*
Velocidad media X mancuerna			0,52**	0,52**			0,59**	0,59**		
Velocidad máxima X mancuerna			0,41*	0,42*			0,47*	0,48**		
Velocidad media Y mancuerna		-0,39*	0,42*	0,44*			0,59**	0,62**		
Velocidad máxima Y mancuerna	-0,38*	-0,43*		0,36*			0,51**	0,55**		
Velocidad media mancuerna			0,48**	0,50**			0,62**	0,65***		
Velocidad máxima mancuerna	-0,35*	-0,38*	0,36*	0,40*			0,54**	0,58**		
Velocidad mínima mancuerna										

* p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Nota: abductora (abduct); isométrica (isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); desplazamiento (desplaz); máximo (máx)

4.5.2. Hombres

Se encontraron múltiples correlaciones entre las variables de fuerza y las variables descriptivas que se detallan en la Tabla 18 (se han omitido de la tabla todas las correlaciones que no eran significativas para facilitar la lectura de las mismas).

Entre todas las obtenidas cabría destacar las correlaciones de las variables de fuerza absolutas que fueron siempre inversas con valores de entre $r=-0,25$ y $r=-0,48$ a excepción de la relación entre las fuerzas absolutas del hombro media y máxima con valores de $r=0,32$ y $r=0,35$ respectivamente.

Sin embargo las correlaciones de las variables de fuerza relativas al peso o al IMC mostraron dos comportamientos:

- Se obtuvieron correlaciones inversas en la relación con variables del desplazamiento (amplitud, ángulo y área) tanto para la prueba de pistola con valores de entre $r=-0,25$ y $r=-0,34$ como para la prueba de mancuerna con valores de entre $r=-0,28$ y $r=-0,43$.
- Se obtuvieron correlaciones positivas en la relación de las variables de velocidad de desplazamiento del COP tanto para la prueba de pistola con valores de entre $r=0,24$ y $r=0,58$ como para la prueba de mancuerna con valores de entre $r=-0,25$ y $r=0,48$ a excepción de la relación entre la fuerza flexora de dedos máxima relativa al IMC con la velocidad mínima del movimiento del COP en la prueba de mancuerna donde se obtuvo una relación inversa $r=-0,26$ $p<0,05$.

Resultados

Tabla 18

Correlaciones entre las variables de equilibrio en las pruebas de pistola y mancuerna y fuerza en hombres

	Flexora dedos media	Flexora dedos máxima	Abduct. isom. hombro media	Abduct. isom. hombro máxima	Flexora dedos relativa IMC media	Flexora dedos relativa IMC máxima	Abduct. isom. hombro relat. IMC media	Abduct. isom. hombro relat. IMC máxima	Flexora dedos relat. peso media	Flexora dedos relat. peso máxima	Abduct. isom. hombro relat. peso media	Abduct. isom. hombro relat. peso máxima
Desplaz. Max. X. Pistola					-0,27*						-0,28*	-0,29*
Desplaz. Max. Y. Pistola					-0,29*							
Eje principal pistola					-0,25*							-0,26*
Eje secundario pistola												
Angulo pistola			0,32*	0,35*	-0,34*				-0,33*	-0,32*		
Área pistola												
Velocidad media X pistola			-0,25*	-0,30*	0,46**	0,26*			0,55***	0,58***	0,33*	0,30*
Velocidad máxima X pistola	-0,25*	-0,27*	-0,27*	-0,31*	0,31*				0,44**	0,45**	0,27*	0,25*
Velocidad media Y pistola	-0,34*	-0,33*	-0,35**	-0,37**	0,40**	0,29*			0,49***	0,52***	0,38**	0,37**
Velocidad máxima Y pistola	-0,36**	-0,38**		-0,26*	0,34**				0,41**	0,43**	0,47**	0,46**
Velocidad media pistola	-0,29*	-0,29*	-0,32*	-0,35**	0,44**	0,30*			0,54***	0,57***	0,39**	0,37**
Velocidad máxima pistola	-0,38**	-0,39**			0,35**		0,27*	0,25*	0,40**	0,42**	0,50***	0,48***
Velocidad mínima pistola						0,24*				0,26*		
Desplaz. Max. X. Mancuerna					-0,42**				-0,43**	-0,41**	-0,32*	-0,34*
Desplaz. Max. Y. Mancuerna												
Eje principal mancuerna					-0,37**				-0,32*	-0,28*		
Eje secundario mancuerna	-0,32*	-0,26*			-0,41**				-0,42**	-0,36**		
Angulo mancuerna												
Área mancuerna					-0,36**				-0,32*	-0,28*		
Velocidad media X mancuerna				-0,26*	0,40**				0,44**	0,48***	0,27*	
Velocidad máxima X mancuerna				-0,25*	0,39**	0,27*			0,42**	0,46**	0,28*	0,25*
Velocidad media Y mancuerna	-0,40**	-0,39**	-0,36**	-0,38**	0,32*				0,36**	0,39**	0,31*	0,30*
Velocidad máxima Y mancuerna	-0,46**	-0,48***	-0,39**	-0,41**	0,26*				0,28*	0,30*	0,27*	0,26*
Velocidad media mancuerna	-0,32*	-0,31*	-0,33*	-0,36**	0,37**				0,42**	0,46**	0,32*	0,30*
Velocidad máxima mancuerna	-0,44**	-0,45**	-0,38**	-0,39**	0,30*				0,30*	0,32*	0,28*	0,28*
Velocidad mínima mancuerna												

* p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Nota: abductora (abduct); isométrica(isom.); relativa (relat); índice masa corporal (IMC); desplazamiento (desplaz); máximo (Máx)

4.6. Validez de la prueba de equilibrio sin la utilización del arma

Para la medición de la validez de la prueba de equilibrio sin arma se realizaron dos pruebas estadísticas, por un lado el coeficiente de correlación intraclase, entendiendo que la prueba era la misma y que las variables eran las mismas y cuyos resultados se encuentran expuestos en la Tabla 19.

A excepción de la variable de velocidad mínima del COP, los valores de validez de dicha prueba oscilaron dependiendo de la variable seleccionada entre 0,74-0,96 con significaciones de $p < 0,001$ para hombres y valores que oscilaron entre 0,74-0,99 con significaciones superiores para todas las variables de $p < 0,01$.

Tabla 19

Valores del coeficiente de correlación intraclase (CCI) entre las variables en la prueba de pistola y mancuerna en hombres (izquierda) y mujeres (derecha) con intervalos de confianza al 95%

Variable	Hombres				Mujeres			
	CCI	sig	Intervalo de confianza 95%		CCI	sig	Intervalo de confianza 95%	
			Lím inf	Lím sup			Lím inf	Lím sup
Desplaz. Max. X.	0,75	***	0,55	0,86	0,79	***	0,51	0,91
Desplaz. Max. Y.	0,74	***	0,53	0,86	0,87	***	0,69	0,94
Eje principal	0,74	***	0,52	0,86	0,81	**	0,46	0,94
Eje secundario	0,74	***	0,52	0,86	0,93	***	0,81	0,98
Angulo	0,81	***	0,65	0,90	0,74	**	0,27	0,91
Área	0,83	***	0,70	0,91	0,83	***	0,60	0,93
Velocidad media X	0,93	***	0,88	0,96	0,98	***	0,94	0,99
Velocidad máxima X	0,86	***	0,74	0,92	0,9	***	0,76	0,96
Velocidad media Y	0,96	***	0,92	0,98	0,99	***	0,97	0,99
Velocidad máxima Y	0,89	***	0,81	0,94	0,92	***	0,81	0,97
Velocidad media	0,95	***	0,92	0,97	0,99	***	0,98	0,99
Velocidad máxima	0,92	***	0,85	0,95	0,92	***	0,8	0,96
Velocidad mínima	0,60	*	0,07	0,83	0,51	**	0,12	0,73

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Nota: desplazamiento (desplaz); máximo (máx); coeficiente de correlación intraclase (CCI); límite (Lím); inferior (inf); superior (sup); significación (sig)

Resultados

Para la prueba de validez inter-clase se realizaron correlaciones de Pearson con valores que oscilaron entre $r=0,59-0,92$ para hombres y de $r=0,59-0,98$ para mujeres, a excepción de la velocidad mínima del COP cuyos valores fueron $r=0,35$ para hombres y de $r=0,52$ para mujeres, (Tabla 20)

Tabla 20

Valores de correlación inter-clase entre las variables en la prueba de pistola y mancuerna en los hombres y mujeres de la muestra

	Hombres	Mujeres
Desplaz. Max. X.	0,60***	0,66***
Desplaz. Max. Y.	0,64***	0,77***
Eje principal	0,59***	0,70**
Eje secundario	0,59***	0,88***
Ángulo	0,68***	0,59**
Área	0,73***	0,71***
Velocidad media X	0,87***	0,96***
Velocidad máxima X	0,75***	0,82***
Velocidad media Y	0,92***	0,98***
Velocidad máxima Y	0,81***	0,85***
Velocidad media	0,91***	0,98***
Velocidad máxima	0,85***	0,85***
Velocidad mínima	0,35*	0,52**
* $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$		

Nota: desplazamiento (desplaz); máximo (Máx)

5. DISCUSIÓN

5.1. Rendimiento

Observamos que en los varones el rendimiento global estaría fundamentalmente determinado por la experiencia y la fuerza flexora relativa al peso corporal mientras que en las mujeres la experiencia y área del COP serían las variables clave. Estos datos sugieren por tanto, claras diferencias entre los hombres y mujeres en la medida en que mientras los varones utilizan preferentemente la fuerza, la variable fundamental para las mujeres es el equilibrio.

En este sentido, llama la atención que, aunque los valores de fuerza de los varones son superiores a los de las mujeres, no se encontraron diferencias en los valores de equilibrio de algunas variables de desplazamiento del COP entre varones y mujeres, siendo incluso mejores los valores de la longitud del eje principal de la elipse en el caso de las mujeres. Estos datos por tanto reforzarían la validez de las ecuaciones de regresión lineal indicando los parámetros relevantes para el rendimiento en los diferentes sexos.

5.1.1. Variables descriptivas

5.1.1.1. Entrenamiento

Parece aceptado que el entrenamiento de la modalidad practicada está relacionada con el rendimiento deportivo, no sólo en deportistas (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009) sino también en militares (Chung et al., 2004) y policías (Vučković et al., 2008).

Así pues, existen estudios que han demostrado que el menor volumen de entrenamiento por parte de los tiradores ha sido uno de los factores que ha deteriorado el rendimiento en deportistas de tiro olímpico (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009).

Por su parte, otros estudios que analizaron la influencia del entrenamiento en el rendimiento deportivo mediante la utilización de controles o test de tiro durante el proceso de entrenamiento, señalaron que entrenar influía en el rendimiento, sin embargo no concretaron ningún porcentaje exacto en militares (Chung et al., 2004). Dicho autor señala que la capacidad de predicción del último test de tiro del proceso de entrenamiento junto con la experiencia de tiro explicaría el 15% del resultado final. En esta línea, nuestro estudio analizó la posible relación entre una prueba previa a la competición de tres disparos

y su poder de predicción estimando que dicha prueba podía predecir el 21% del rendimiento deportivo posterior en competición de los varones. Estos resultados implicarían que los test de tiro específicos previos a competiciones podrían explicar una pequeña parte la varianza del resultado final.

Sin embargo en tiro policial se estima la mejora del rendimiento debida al entrenamiento en hasta el 136% en mujeres y en un 45% en hombres tras un proceso de aprendizaje durante la academia (Vučković et al., 2008).

Por su parte, nuestro estudio explicó la influencia de las horas de entrenamiento semanal en el rendimiento deportivo en valores del 17% en mujeres y del 19% en hombres. La gran diferencia existente entre ambos trabajos podría ser debido a que por un lado los tiradores de nuestro estudio eran experimentados y por otro a que analizamos la relación directa del entrenamiento en un momento determinado de la temporada y no a todo un proceso de aprendizaje.

Con respecto a los mecanismos a través de los cuales el entrenamiento mejora el rendimiento, existen autores que señalan que la mejora de la capacidad visual podría ser uno de los factores a destacar (Quevedo i Junyent y Sole i Forto, 1995; Quevedo et al., 1999); sin embargo en nuestro estudio no se analizó esta variable.

Muchos autores aportan consejos acerca de qué variables deberían ser entrenadas para la mejora del rendimiento, señalando que el entrenamiento debería ser individualizado (Gulbinskienė y Skarbalius, 2009). Algunos autores señalan que debería trabajarse específicamente el equilibrio (Puglisi y La rocca, 2014) y las situaciones de estrés que generan estados de ansiedad mediante entrenamientos bajo presión (Nieuwenhuys et al., 2009; Nieuwenhuys y Oudejans, 2011; Oudejans, 2008),

Otros apuntan a la didáctica de los entrenamientos señalando que se deberían llevar a cabo por ejemplo: entrenamientos combinados de tiro y ejercicios de relajación (Laaksonen et al., 2011); entrenamientos por bloques de contenidos (Keller et al., 2006); entrenamientos mediante la utilización del método de cinco pasos (Chung et al., 1996); la utilización de sistemas de feedback adicionales (Konttinen et al., 2004; Mononen, 2007; Mullineaux et al., 2012). Sistemas de feedback adicional entre los que podríamos encontrar los sistemas optoelectrónicos (Bansevicius et al., 2004; Mononen et al., 2003) aunque su fiabilidad en algunos aspectos haya sido cuestionada (Zanevskyy et al., 2009, 2010).

La utilización del entrenamiento con sistemas optoelectrónicos puede estar relacionada con el rendimiento en tiro real, para Smith y Hagman (2003) el entrenamiento con estos sistemas puede predecir entre el 27-31% del rendimiento mientras que para Smith y Hagman, (2000) fue del 30% en rifle e inferior en pistola llegando solamente al 21%.

Nuestros resultados están en consonancia con los de Smith y Hagman, (2000) ya que obtuvimos resultados de predicción del rendimiento debida al entrenamiento de $r^2= 0,17-0,19$ coincidiendo exactamente con uno de los grupos experimentales de dicho estudio ($r^2=0,17$) en el que se analizaron los grupos teniendo en cuenta su nivel en tiro.

Con respecto a las horas de entrenamiento no se encontraron diferencias entre los hombres y las mujeres si bien la distribución de la variable no fue homogénea, algo que es fácilmente explicable al tener en cuenta que el estudio incluyó un porcentaje de deportistas del equipo nacional, cuyo nivel de entrenamiento es muy superior al de la población normal.

5.1.1.2. Experiencia

Parece existir consenso en que la experiencia juega un papel relevante en el rendimiento en el tiro con armas (Aalto et al., 1990; Chung et al., 2004; Chung et al., 2006; Goonetilleke et al., 2009; MacCaslin y McGuigan, 1956; Mon et al., 2014; Mon et al., 2015; Thompson et al., 1980; Tierney et al., 1979).

Esta variable influye en el rendimiento de diversas formas, entre las que podríamos encontrar las siguientes:

- El aprendizaje cognitivo de la propia actividad: un mayor conocimiento teórico de los parámetros que influyen en el rendimiento podría contribuir a eliminar errores mejorando por tanto el rendimiento (Chung et al., 2004; Chung et al., 2006).
- Mejora del control de la ansiedad en situaciones de estrés influyendo positivamente en la toma de decisiones (Vickers y Lewinski, 2012).
- La mejor utilización de la información kinestésica, vestibular (Aalto et al., 1990; Goonetilleke et al., 2009) y visual (Pojman et al., 2009). Aparentemente los tiradores experimentados son capaces de ajustar la visión mejor cuando existen tiempos de disparo

estipulados por un agente externo (Aalto et al., 1990; Goonetilleke et al., 2009). También tienen tiempos superiores de visión enfocada en el objetivo (Causer et al., 2010; Janelle et al., 2000) y una capacidad de enfocar el objetivo más rápidamente (Di Russo et al., 2003). Esto es debido, entre otras cosas, a una mayor velocidad de procesamiento de la información recibida por este canal (Morrillo et al., 2006).

- Un mejor trabajo de presión en el disparador y un mayor equilibrio (Goonetilleke et al., 2009), pudiendo llegar la experiencia a modificar la posición del tirador (Chung et al., 2005).

Con respecto al grado de influencia directa por parte de esta variable en el rendimiento deportivo existen diferencias según los estudios analizados, así podemos encontrar valores de $r=0,67-0,72$ (MacCaslin y McGuigan, 1956), $r=0,24$ en hombres y $r=0,19$ en mujeres de rifle (Tierney et al., 1979); $r=0,21-0,25$ con rifle calibre 22 (Thompson et al., 1980) y de $r=0,38$ en hombres de pistola aire (Mon et al., 2014; Mon et al., 2015).

Los resultados del presente trabajo no indicaron correlación alguna entre la experiencia y el rendimiento en mujeres pero sí en hombres con un valor de $r=0,38$ $p<0,01$, lo que equivaldría a $r^2=0,12$ y un CV de 2,34%.

Por tanto, según Tierney et al. (1979) la experiencia explicaría una varianza del 5,76% del rendimiento en hombres y un 3,61% en mujeres y según Thompson et al. (1980) una varianza de entre 4,41-6,25%. Nuestros resultados con un CV del 2,34% estarían en relativa concordancia con los obtenidos anteriormente, si bien se podría interpretar que la experiencia llegaría a explicar hasta el 12% dependiendo de la estadística utilizada ($r^2=0,12$).

En cualquier caso, aunque la influencia directa de la experiencia en el rendimiento deportivo no es muy elevada, debería ser tenida en cuenta debido los escasos márgenes de error que tienen los tiradores.

Debemos señalar que la diferencia de nuestros resultados con los de la literatura revisada, especialmente con el estudio de MacCaslin y McGuigan (1956), podría ser, al menos en parte, debida a que, a diferencia de los otros estudios, nuestra recogida de datos fue realizada en situación de competición y también a la naturaleza de la muestra ya que nuestro estudio fue realizado con deportistas y no con militares. De igual forma hay que considerar el arma utilizada ya que nuestro estudio fue realizado con una pistola de aire y no con un rifle.

5.1.1.3. Antropometría

Aparentemente no existe un biotipo preferente en tiro olímpico, si bien se señala que los tiradores tienden a ser más bajos y pesados que en otros deportes. De hecho las características antropométricas de la población de tiro parecen ser bastante similares a las de la población normal (población no practicante de este deporte) (Koley y Gupta, 2012). No obstante, coincidiendo con Belinchon (2010), en el presente trabajo, no encontramos variables antropométricas que estuvieran relacionadas con el rendimiento en tiro.

Son varios los estudios revisados que no encontraron correlación alguna entre el rendimiento deportivo en tiro de pistola y la estatura, el peso corporal o el IMC (Kayihan et al., 2013; Mon et al., 2014), sin embargo, Kayihan et al. (2013) sí encontraron relación con otros parámetros antropométricos.

Al igual que en los estudios antes citados, nuestro estudio tampoco encontró correlación alguna entre los parámetros antropométricos y el rendimiento en hombres, sin embargo sí se encontró una relación significativa entre el IMC y el rendimiento en mujeres al hacer la regresión lineal ($F_{1,21}=5,74$; $p<0,05$) con valores de relación de r^2 corregida=0,18 y CV=3,61%. De igual forma se encontró una tendencia negativa entre el peso corporal y el rendimiento $r=-0,36$ $p<0,05$, no confirmada en la regresión lineal. Pudiera ser, por tanto, que la relación peso corporal/estatura, entendiendo la variable peso corporal con una mayor relevancia, estuviera relacionada con el rendimiento deportivo en mujeres.

Nuestros datos discreparían en mujeres con los pocos estudios mencionados anteriormente relacionados con el tiro, algo que podría ser debido al método empleado en esta tesis, al realizar la toma del rendimiento en competición, a las características de la misma o al número de participantes, el cual, podría llegar a limitar la potencia estadística, lo que requeriría de futuros estudios para confirmar nuestros datos.

5.1.2. Capacidades físicas

Actualmente parece haber cierto consenso en la necesidad del trabajo físico en general en el mundo deportivo. El tiro olímpico no es una excepción en este punto ya que son muchos los autores que recomiendan un trabajo complementario de acondicionamiento físico (González, 1997; Mon, 2006, 2014; Reinkemeier et al., 2006; Rio, 2003).

Las capacidades físicas que influyen en el rendimiento son diversas, aspectos como la fuerza, la velocidad y la capacidad aeróbica pueden influir (Vučković y Dopsaj, 2007). Para otros autores, capacidades como el equilibrio, la fuerza, la coordinación o la flexibilidad influyen en el rendimiento deportivo en tiro de pistola (Kayihan et al., 2013).

La influencia del acondicionamiento físico variará en función de los estudios seleccionados oscilando desde el 1% hasta el 46% para Copay y Charles (1998) o con valores próximos al 12% para Vučković y Dopsaj (2007), en ambos casos para el tiro policial con pistola.

Sin embargo, otras capacidades físicas no parecen estar muy relacionadas con el rendimiento en tiro deportivo. Así pues, la capacidad aeróbica no está relacionada con el tiro aunque cabe pensar que sí puede influir en la capacidad de recuperación posterior a la realización de ejercicios físicos que pudieran realizarse antes de una prueba de tiro (da Costa Dias et al., 2005).

5.1.2.1. Fuerza

La fuerza parece ser una de las capacidades físicas relacionadas con el rendimiento de tiro. Muchos autores señalan dicha relación (Krasilshchikov et al., 2007; Mon, 2006, 2008-2009), mientras otros hablan de combinación del trabajo de fuerza y resistencia para el tiro olímpico con pistola (Mon, 2010a; Rio, 2003). Sin embargo, la influencia de la fuerza en el rendimiento deportivo en tiro no ha sido cuantificada en muchas ocasiones hasta el momento.

Respecto a la musculatura que interviene en la mejora del rendimiento cabe mencionar la fuerza abdominal y lumbar, que parecen estar asociadas a la capacidad de apuntar mejor durante las fases iniciales de la temporada (Krasilshchikov et al., 2007). También parecen estar asociada al rendimiento deportivo la fuerza de la musculatura de la espalda, las piernas y los flexores de los dedos de la mano (Vučković y Dopsaj, 2007).

5.1.2.1.1. Fuerza flexora de los dedos

Parece haber bastante consenso en que la fuerza flexora de los dedos influye en el rendimiento en tiro. Incluso según Koley y Gupta (2012), esta cualidad puede ser un indicativo de la fuerza física general y presenta valores superiores en tiradores que en la población normal.

El grado de influencia de la fuerza flexora de los dedos en el rendimiento difiere según los estudios revisados. Mason et al. (1990) no encontraron relación alguna. Copay y Charles (2001b) encontraron valores de entre $r^2=0,07-0,02$; Kayihan et al. (2013) encontraron un valor de $r^2=0,06$; Rodd et al. (2010) hallaron valores de entre $r^2=0,1-0,07$; Mon, et al. (2015) valores entre r^2 corregidas $=0,1-0,11$; Anderson y Plecas (2000) valores de $r^2=0,14$ y Vercruyssen et al. (1989) valores de entre $r^2=0,92-0,51$.

Nuestros datos señalan que las fuerzas flexoras de dedos relativas al IMC explicarían varianzas del 13%-14% y coeficientes de variación del 3,69%-3,70% del rendimiento deportivo entre las mujeres.

En hombres, las fuerzas flexoras absolutas se relacionan con el rendimiento con varianzas del 10%-11% y CV=2,35%-2,37%. La fuerza flexora relativa al IMC explicaría el 16% de la varianza y un CV=2,29% y las fuerzas flexoras relativas al peso unas varianzas del 12%-13% y CV=2,29%-2,31%.

Por tanto, nuestros datos estarían en consonancia con parte de los estudios anteriormente citados, especialmente en porcentaje de influencia con el estudio de Anderson y Plecas (2000). No obstante es importante señalar que dicho autor encontró dicho porcentaje de influencia al analizar hombres y mujeres conjuntamente, no obteniendo, a diferencia de nosotros, correlación alguna al analizarlos por separado. La diferencia existente entre ambos estudios podría ser debida a que la muestra del estudio de Anderson y Plecas (2000) es de policías y por tanto el empleo del arma difiere así como a la diferencia entre ambas muestras 54 hombres frente a 11 mujeres en el trabajo de Anderson y Plecas (2000) por 46 hombres frente a 23 mujeres en el presente estudio.

Nuestros datos también estarían en consonancia con los obtenidos por Rodd et al. (2010). Sus valores de influencia de $r^2=0,1$ en algunos momentos de la temporada serían idénticos a los encontrados por nosotros en cuanto a las fuerzas absolutas flexoras de

dedos se refiere en hombres y ligeramente inferiores en otros momentos de la temporada aunque nunca excesivamente alejados de estos valores.

Sin embargo, si tenemos en cuenta los valores obtenidos en cuanto a los coeficientes de variación del rendimiento por parte de la fuerza, nuestros datos sugieren una influencia de la fuerza flexora de los dedos en torno al 2,29%-3,70%. Estos datos son inferiores a los de los estudios mencionados anteriormente, sin embargo están en la línea de los encontrados por Copay y Charles (2001b) que, en función del momento de la temporada, encontraron relaciones del 2%.

Por otro lado, hemos de mencionar que nuestros resultados no coinciden con Mason et al. (1990) que no encontraron relación alguna entre estas variables, ni con Vercruyssen et al. (1989) quienes encontraron porcentajes muy elevados de influencia. En ambos casos dichas diferencias podrían ser debidas a la metodología empleada. En el caso, por ejemplo, de Mason et al. (1990) su muestra consistió en tan sólo 7 hombres y 7 mujeres, todos del equipo nacional (no habiendo diferencias importantes de nivel de tiro como puede haber en nuestro estudio), además a diferencia de nuestro estudio no se realizó en competición sino mediante el uso del sistema optoelectrónico *Noptel*, finalmente la medición de la fuerza se realizó mediante galgas de fuerza colocadas en la empuñadura y no mediante un dinamómetro como en nuestro estudio. Por todas estas diferencias los resultados de ambos estudios pueden no ser coincidentes.

Por nuestra parte, cabe señalar la importancia de la fuerza flexora de los dedos puesto que creemos que los porcentajes de influencia encontrados han de ser tenidos muy en cuenta, ya que este es un deporte de altísima precisión en el que, recordamos, el récord del mundo está en 594/600 (99% de aciertos) en hombres y en 393/400 (98,2% de aciertos) en mujeres (Mon, et al., 2015).

Así, coeficientes de variación como los obtenidos en este estudio de entre 2.29% - 2.37% en hombres equivaldrían a 13 o 14 puntos de la puntuación máxima (600puntos en categoría sénior masculina) lo que equivaldría a una diferencia de entre 52 y 57 puestos en la clasificación final en competiciones de primer rango internacional (Mon et al., 2014)

En mujeres coeficientes de variación de 3,69% -3,7% equivaldrían a 14 puntos de la puntuación máxima (400puntos en categoría sénior femenina)) esta diferencia de puntos

equivaldría a una diferencia de unos 80 puestos en la clasificación final en los campeonatos del mundo según un análisis de los mismos desde 1998 (ISSF, 2013a).

5.1.2.1.2. Fuerza abductora del hombro

La estabilidad del arma parece ser un factor íntimamente relacionado con el rendimiento deportivo en el tiro olímpico (Baca y Kornfeind, 2010; Chung et al., 2004; Chung et al., 2006; Hawkins, 2011; Konttinen et al., 1998a; Konttinen et al., 2000; Mononen et al., 2003; Mononen et al., 2007; Pellegrini y Schena, 2005; Scholz et al., 2000; Tang et al., 2008; Vaez-Mousavi et al., 2008; Zanevskyy et al., 2012), teniendo los tiradores más experimentados patrones más estables en la ejecución que sus contrincantes noveles o menos experimentados (Baca y Kornfeind, 2010; Pojman et al., 2009).

Dicha estabilidad parece estar relacionada con las acciones musculares, concretamente el trabajo de la musculatura del hombro está asociado a los movimientos del cañón en el eje vertical del mismo, influyendo por tanto en el nivel de rendimiento del deportista (Pellegrini y Schena, 2005).

Pocos son los estudios que han determinado explícitamente la influencia de la fuerza del hombro en el rendimiento deportivo en tiro con pistola. Vercruyssen et al. (1989) estimaron que existían relaciones importantes con valores de $r=0,82$ y $r=0,89$ para modalidades donde el tiempo de disparo estaba limitado a 20 s y 10 s respectivamente. No encontrando correlaciones en acciones de tiro lento.

Por su parte Mon et al. (2015) no encontraron relación entre los valores absolutos de fuerza abductora (media y máxima) y el rendimiento ni tampoco entre la fuerza abductora media del hombro relativa al IMC y el rendimiento, si bien dichos autores señalan la existencia de tendencias positivas en este sentido.

Nuestros datos muestran correlaciones en mujeres con valores entre r^2 corregida=0,15 y r^2 corregida=0,21 para variables de fuerza relativas al IMC y al peso, con coeficientes de variación de entre 3,53%-3,66%. Sin embargo, no se encontraron correlaciones para las variables de fuerza absoluta $p>0,05$.

Por su parte, los hombres presentaron correlaciones entre el rendimiento y las fuerzas abductoras isométricas de hombro relativas al peso medias y máximas con valores de r^2 corregida=0,11 y r^2 corregida=0,13 respectivamente. Dichas relaciones equivaldrían a coeficientes de variación de 2,33% y 2,29%.

Por tanto, al comparar nuestros resultados con los de otros estudios verificamos que, a diferencia de Vercruyssen et al. (1989) donde la relación de la fuerza del hombro podía explicar hasta el 79% del rendimiento, la fuerza abductora de hombro sólo podría explicar entre el 11% y el 21% en función de la variable. Dichas diferencias pueden ser debidas, entre otras razones, a las diferencias en la modalidad de tiro seleccionado, ya que mientras Vercruyssen et al. (1989) obtuvieron dichas relaciones en modalidades de tiro donde el tiempo marcado para el disparo se limitaba a 10 s o 20 s, en el presente trabajo los tiradores no tenían tantas limitaciones y, además, disponían de la opción de renunciar al disparo si lo creían conveniente. Además las muestras de ambos estudios difieren mucho en lo que respecta a origen (competidores versus militares), a la proporción de hombre y mujeres (hombres y mujeres versus solamente hombres), edad media (31 años en mujeres y 43 años en hombre versus 20 años) y experiencia media (9 años en mujeres y 12 en hombres versus 2,5 años).

Por otro lado, al igual que Mon et al. (2015), nuestro estudio encontró las mismas tendencias en las fuerzas absolutas abductoras de hombro en hombres. Sin embargo la ampliación de variables estudiadas con respecto a este estudio nos permitió comprobar la existencia de correlaciones entre el rendimiento y las fuerzas abductoras isométricas de hombro relativas al peso medias y máximas, sin duda algo que ayudaría a confirmar las tendencias positivas que dichos autores señalaron previamente.

Con respecto a la influencia de la fuerza abductora en mujeres en tiro apenas hay datos en la bibliografía, lo que otorgaría un interés especial a la realización de nuevos estudios que puedan confirmar la validez de los resultados obtenidos en nuestro estudio.

Finalmente, señalar que, al igual que hemos mencionado con anterioridad, la influencia de esta variable en el rendimiento final es fundamental porque si bien los porcentajes de influencia no parecen elevados, sí lo son cuando los valoramos respecto al 98%-99% de acierto que se alcanza en el tiro con pistola de alto nivel (ISSF, 2013a).

5.1.2.2. Equilibrio

En general parece haber consenso en que el equilibrio juega un papel en el rendimiento en tiro olímpico. Según multitud de autores el equilibrio determina la parada del arma y, consecuentemente, el rendimiento (Aalto et al., 1990; Goonetilleke et al., 2009; Herpin et al., 2010; Konttinen et al., 1998b; Krasilshchikov et al., 2007; Mon, 2006; Mononen et al., 2007; Pellegrini y Schena, 2005; Puglisi y La rocca, 2014; Zanevskyy et al., 2010).

El equilibrio no obstante parece poder estar condicionado a su vez por otras variables como la longitud y distribución del peso del arma (Yuan y Lee, 1997), la ropa empleada (Aalto et al., 1990) o la anchura de pies (Hawkins y Sefton, 2011).

Aparentemente, los valores de equilibrio en tiradores son superiores a los de la población normal, posiblemente por la mejor utilización de las vías kinestésica y vestibular. Según Herpin et al. (2010) los tiradores presentan valores absolutos inferiores en el área y el desplazamiento lateral del COP frente a la población normal, mientras que para Su et al. (2000) la variable de mayor diferencia es la velocidad del COP.

Igualmente, los tiradores de mayor nivel deportivo de modalidades de precisión presentan valores superiores de equilibrio que sus compañeros de menor nivel, siendo las velocidades y amplitudes del movimiento del COP menores en los mejores tiradores. (Aalto et al., 1990; Era et al., 1996; Konttinen et al., 1999; Mon et al., 2014; Gulbinskienė y Skarbalius, 2009). Este patrón parece darse también en modalidades de plato (Puglisi y La rocca, 2014).

Por otro lado, con independencia del nivel técnico, parece existir un patrón común en la técnica con respecto al equilibrio y es que a medida que se acerca el momento de disparo los valores de las variables de movimiento del COP (amplitudes y velocidades) se reducen (Mullineaux et al., 2012).

Sin embargo, Konttinen et al. (1999) matizan que el equilibrio es capaz de diferenciar niveles deportivos pero que como variable única no es suficiente para determinar el rendimiento deportivo. Contrariamente otros autores señalaron que el equilibrio sí era sinónimo de éxito en los tiradores noveles (Era et al., 1996; Koley y Gupta, 2012)

Si bien son muchos los autores que han demostrado una relación directa entre el equilibrio y el rendimiento deportivo (Era et al., 1996; Gulbinskienė y Skarbalius, 2009; Koley y Gupta, 2012; Krasilshchikov et al., 2007), la cuantificación del mismo difiere en función de los estudios revisados.

Así pues, según Gulbinskienė y Skarbalius (2009), el equilibrio explicaría el rendimiento en hasta en un 90%, para Kayihan et al. (2013) un 10% y para Ihalainen et al. (2015) este valor sólo alcanzaría el 1%.

Otros estudios han analizado la influencia conjunta del equilibrio con la parada del arma en el rendimiento deportivo. Así, según cada autor, ambas variables explicarían el 26% de la varianza del rendimiento (Mononen, 2007; Mononen et al., 2007), el 53% (Mason et al., 1990) y hasta el 74% (Viitasalo et al., 1999).

Hay sin embargo quienes señalan que el equilibrio no es un elemento diferenciador del nivel deportivo de un deportista, puesto que niveles bajos de equilibrio pueden coexistir con rendimientos óptimos en un 50% de las ocasiones (Bortoli et al., 2012).

Esta idea estaría reforzada por estudios como el de Mononen et al. (2007) que no encontraron relación intra-individual entre el equilibrio y el rendimiento, Ball et al. (2003a) que no encontraron relación alguna entre el equilibrio y el rendimiento en su análisis inter-individual o Mon, et al. (2015) que no encontraron relación alguna entre el equilibrio y el rendimiento en su análisis inter-individual.

Nuestros datos señalan la existencia de correlaciones directas entre el rendimiento y los movimientos del COP en hombres que oscilarían en función de la variable entre r^2 corregida=0,07 y r^2 corregida=0,08 y coeficientes de variación entre 2,16% y 2,39%. En mujeres la relación oscilaría entre r^2 corregida=0,16 y r^2 corregida=0,66 y Coeficientes de variación entre 2,30% y 3,65%.

Así, nuestros resultados estarían en concordancia en el caso de los hombres con el estudio de Ihalainen et al. (2015), puesto que en ambos casos el porcentaje del rendimiento explicado por las variables de equilibrio son bajos lo que, tal y como comentamos anteriormente, no le resta ni un ápice de importancia en un deporte que requiere un nivel tan alto de precisión.

En el caso de las mujeres la relación entre rendimiento y las variables de equilibrio estuvo en concordancia con aquellos estudios que presentaron porcentajes superiores, así el 53% de Mason et al. (1990) y el 74% de Viitasalo et al. (1999) serían valores próximos a nuestros resultados del 66% del desplazamiento máximo en Y o al 58% de la variable área, ambas en la prueba de mancuerna. Nuestros resultados por otro lado estarían también en mayor concordancia con los obtenidos por Mononen, (2007) y Mononen et al. (2007), dichos autores explicaron una varianza de hasta el 26%, dato este que estaría muy próximo a los valores de muchas de nuestras variables.

Sin embargo es importante matizar que mientras que dichos estudios observaron estos porcentajes mediante un análisis conjunto de la estabilidad del arma y la estabilidad corporal nuestro estudio lo hizo exclusivamente analizando la estabilidad corporal.

Por otro lado, nuestros resultados discreparían de aquellos estudios que no encontraron correlación directa alguna entre el rendimiento y el equilibrio. A diferencia de Bortoli et al. (2012) y Mononen et al. (2007) que realizaron un análisis intra-individual nuestro estudio se basó en un estudio inter-individuos, por tanto la metodología fue distinta y esto podría explicar dichas diferencias.

Si analizamos la influencia general de las variables en cuanto a su CV observamos que nuestros datos estarían en plena consonancia con los obtenidos por Hawkins (2013) quien señalo que el movimiento del COP determinaba un 3,7% del rendimiento en pistola, porcentaje parejo a los coeficientes de variación de nuestro estudio (2,16%-3,65%). Es interesante señalar que ambos estudios coincidieron en el nivel y modalidad de los deportistas, siendo la única diferencia entre ambos la variable más determinante del rendimiento, para Hawkins (2013), la velocidad mientras que para nosotros fueron las variables de amplitud de desplazamiento, posiblemente debido a que nosotros empleamos amplitudes maximas del COP mientras que Hawkins (2013) sólo empleó medias de desplazamiento del COP.

Con respecto a la influencia específica del ángulo de pies en el rendimiento deportivo, nuestro estudio señalo que el ángulo determinaba el 23% de la varianza, este dato corroboraría el estudio de Hawkins (2013), quien no explicó la relación entre el ángulo y el rendimiento en porcentajes, si bien explicó que existían diferencias en el rendimiento en función del ángulo empleado sugiriendo como óptimo 15° con respecto a la línea de tiro. Conviene señalar en este apartado que nuestro ángulo no hace referencia al ángulo de los

pies con respecto a la línea de tiro, sino al formado por el eje principal y el eje X. Por ello, futuros estudios deberían seguir profundizando en la influencia del ángulo del eje principal de la elipse y el rendimiento. A pesar de que los dos estudios analizaron aspectos distintos, ambos sugerirían que la posición de pies y el ángulo de disparo podrían influir en el rendimiento deportivo.

Finalmente, el desplazamiento total del COP podría explicar hasta el 35% del rendimiento como sugieren Dadswell et al. (2013), nuestros resultados coinciden especialmente con este estudio en lo que respecta a la variable de área de desplazamiento que mediría también una amplitud global de desplazamiento del COP en la prueba de pistola, donde el 39% del rendimiento podría ser explicado por dicha variable en el caso de las mujeres.

5.2. Diferencias entre hombres y mujeres

5.2.1. Variables descriptivas

Desafortunadamente no existen muchos estudios que hayan comparado a hombres y mujeres en tiro olímpico. Entre los estudios analizados parece repetirse el patrón de que los hombres tienen más talla que las mujeres (Anderson y Plecas, 2000; Kemnitz et al., 2001; Mondal et al., 2011) y solamente Mondal, Majumdar y Pal (2011) hizo referencia a la inexistencia de diferencias entre sexos en el peso corporal.

Nuestros datos señalaron la existencia de una mayor estatura por parte de los hombres al igual que los estudios antes citados. También encontramos diferencias en el peso corporal siendo más pesados los hombres que las mujeres. Dichas diferencias podrían ser debidas a las diferencias de edades entre los estudios analizados y el nuestro y a que nuestro estudio utilizó deportistas de nivel nacional mientras que otros utilizaron a militares y policías.

Nuestros resultados reflejaron una diferencia también en cuanto al IMC y a la edad, ambos registros superiores en hombres con respecto a mujeres, sin embargo curiosamente esta diferencia de edad no implicó diferencias significativas en cuanto a los valores de entrenamiento o experiencia de tiro. Estos datos implicarían que las mujeres comienzan a

practicar el deporte con mayor juventud que los hombres, si bien esto no implica diferencias en el tiempo dedicado a entrenar.

Con respecto al rendimiento deportivo existen diferencias entre los estudios que señalaron diferencias en el rendimiento deportivo entre hombres y mujeres y los que no encontraron diferencias en el rendimiento. Así, estudios como el de Copay y Charles (2001b) señalaron que, en policías, las mujeres tenían menos rendimiento que los hombres. Sin embargo Kemnitz et al. (2001), no encontraron diferencia alguna en el rendimiento entre hombres y mujeres en el caso de militares.

Por contra Vučković et al. (2008), señalaron que los hombres tenían mayores rendimientos al comienzo de un proceso de entrenamiento pero que a medida que avanzó el proceso de entrenamiento el rendimiento de hombre y mujeres se fue equiparando progresivamente.

Por nuestra parte, no encontramos diferencia alguna en el rendimiento deportivo, de hombres y mujeres cuando se analizaron las medias de rendimiento. Estos resultados por tanto estarían en consonancia con los de Kemnitz et al. (2001) y con los de Vučković et al. (2008) en la fase final de su proceso de entrenamiento. Al igual que en la fase final del estudio de Vučković et al. (2008), en nuestro estudio los valores semanales de entrenamiento estaban igualados lo que podría ser un factor relevante para evitar diferencias en el rendimiento. Tal y como señala este autor, a medida que el entrenamiento avanza las mujeres reducen las posibles diferencias iniciales en el rendimiento.

Sin embargo esta similitud en rendimiento ha de ser tomada con cautela, puesto que en nuestro análisis el rendimiento fue medido tomando en cuenta la media por disparo y mientras que los hombres realizan 60 disparos, las mujeres solamente 40. Esta diferencia de disparos hace que mantener la media de rendimiento sea más difícil en hombres que en mujeres, puesto que cuantos más disparos se realizan más fácil se hace cometer errores y disminuir la media de rendimiento, por lo que futuros estudios podrían medir el rendimiento en la misma prueba.

5.2.2. Variables de Fuerza

Con respecto a las diferencias en los valores de fuerza, parece evidente que los hombres presentan valores superiores de fuerza que las mujeres (Anderson y Plecas, 2000; Charles y Copay, 2000; Copay y Charles, 2001b; Mondal et al., 2011; Kemnitz et al., 2001).

Parece haber consenso respecto a que los hombres presentan mayores valores de fuerza flexora isométrica máxima que las mujeres (Anderson y Plecas, 2000; Charles y Copay, 2000; Copay y Charles, 2001b; Mondal et al., 2011) si bien autores como Charles Copay (2000) señalan que dichas diferencias en fuerza pueden ser reducidas mediante el entrenamiento..

Nuestros resultados por tanto concordarían con los estudios previos revisados puesto que también encontramos diferencias en los valores absolutos de fuerza en hombres y mujeres tanto en la fuerza flexora de dedos como en las abductoras de hombro. Además de estas diferencias, también encontramos diferencias en los valores de fuerza relativos al IMC y al peso, confirmando por tanto que los valores de fuerza de los hombres son superiores no sólo en valores absolutos sino también relativos al peso o al IMC.

5.2.3. Variables del equilibrio

Según Anderson y Plecas 2000 los hombres presentaron mejores valores de equilibrio que las mujeres en tiro policial de pistola. Por su parte Su et al. (2000) hacen referencia a la existencia de diferencias en el equilibrio en función del sexo aunque no presentaron resultados al respecto.

Nuestros resultados por tanto coincidirían con los de estudios precedentes puesto que los hombres presentaron valores inferiores en los desplazamientos y especialmente en velocidades tanto en la prueba de pistola como en la de mancuerna. Solamente hubo una excepción, la longitud del eje principal de la elipse (mancuerna), donde las mujeres presentaron valores de equilibrio superiores a los hombres.

Esta variable no coincidente debería ser estudiada nuevamente en futuros estudios puesto que la variable longitud del eje principal de la elipse estuvo relacionada con el rendimiento tanto en hombres como en mujeres, en el caso de los hombres

específicamente con la prueba de pistola y en mujeres tanto en la prueba de pistola como la de mancuerna. Además esta misma tendencia se encontró en la prueba de pistola, donde las mujeres presentaron valores inferiores a los hombres aunque sin diferencias significativas.

5.3. Relaciones entre variables

5.3.1. Relaciones entre las variables descriptivas y de equilibrio

5.3.1.1. Experiencia y equilibrio

Gulbinskienė and Skarbalius (2009) señalaron que la experiencia de los tiradores estaba relacionada con la postura corporal durante la acción del disparo, provocando mejores valores de equilibrio en aquellos tiradores más experimentados.

En la misma línea otros estudios han corroborado la influencia de la experiencia y el equilibrio corporal. Aparentemente, los tiradores de mayor experiencia presentan mejores valores de equilibrio que los tiradores más noveles (Era et al., 1996; Mononen et al., 2007)

El análisis de nuestros resultados señala que en los varones la velocidad del centro de presiones y la experiencia tienen una relación inversa, es decir que la velocidad del COP es menor cuanto más experto sea el sujeto; y esto sucede en las dos pruebas realizadas (con mancuerna y con pistola). En las mujeres sucedió lo mismo pero tan solo en la prueba con mancuerna no encontrándose correlaciones significativas en la prueba de pistola. Por tanto nuestros resultados estarían en concordancia con los estudios en los que los tiradores más experimentados presentaron mejores valores de equilibrio que los tiradores noveles (Era et al., 1996; Gulbinskienė y Skarbalius, 2009; Mononen et al., 2007).

5.3.1.2. Edad y equilibrio

Según Hue et al. (2007), la influencia de la edad en el equilibrio explicaría una diferencia de velocidad del COP de entre 3% y 8% dependiendo de la prueba empleada para medir el equilibrio, aumentando la velocidad del COP a medida que se incrementa el peso corporal.

En nuestro estudio, la edad presentó, entre los varones, correlaciones inversas con la velocidad del COP que oscilaron entre $r^2=0,06-0,13$ en las pruebas de mancuerna y pistola. En las mujeres la edad se relacionó directamente con la amplitud de desplazamiento del COP con valores que oscilaron entre $r^2=0,24-0,38$ tanto en la prueba de pistola como en la de mancuerna. Por tanto nuestros valores serían similares a los encontrados por Hue et al. (2007) en el caso de los hombres y superiores en el caso de las mujeres, no obstante hay que resaltar que mientras que nuestra prueba era específica de tiro las de Hue et al. (2007) eran genéricas y realizadas tanto con ojos abiertos como cerrados.

Si profundizamos en el análisis de la influencia de la edad, vemos que mientras en los hombres la edad afecta preferentemente a la velocidad del COP, en las mujeres afecta a la amplitud de desplazamiento. Aparentemente, este aspecto podría no ser relevante de no ser por las correlaciones que mantienen dichas variables con el rendimiento deportivo. Como vimos con anterioridad, la velocidad del COP no está relacionada en ningún caso con el rendimiento en pistola, mientras que la amplitud de desplazamiento sí, especialmente en mujeres. Por tanto, parece evidente que la edad juega un rol distinto en función del sexo y, si bien en ningún caso la edad apareció relacionada directamente con el rendimiento deportivo, parece jugar un papel importante en una de las variables determinantes del rendimiento en el caso de las mujeres por lo que no podemos descartar una influencia indirecta de la edad en el rendimiento deportivo.

5.3.1.3. Variables descriptivas y equilibrio

Con respecto a los parámetros antropométricos, cabe señalar que, a diferencia del estudio de Koley and Gupta (2012), quienes no encontraron ninguna correlación entre los parámetros antropométricos y de movimiento del COP, sí se observaron en nuestro estudio dichas correlaciones con el peso corporal, el IMC y la estatura en las pruebas de pistola y mancuerna en mujeres. Las diferencias entre ambos estudios podrían ser debidas a la diferente naturaleza de las muestras estudiadas ya que mientras en nuestro estudio se analizaron separadamente hombres y mujeres especialistas de la modalidad de pistola, Koley and Gupta (2012) sólo estudiaron varones mezclando especialistas en carabina con especialistas en pistola.

5.3.1.3.1. Estatura

No observamos ninguna relación de la estatura con las variables del movimiento del COP en los varones de la muestra mientras que en las mujeres, observamos una relación negativa de la estatura con la velocidad del movimiento del COP con valores entre $r^2=0,14-0,20$. Nuestros resultados coinciden, aunque solamente en el caso de los hombres con los obtenidos por Hue et al. (2007) y Alonso et al. (2012) en el caso de las mujeres, un estudio este en el que la estatura y la densidad ósea explicaron de manera conjunta hasta el 16% de la velocidad del COP.

5.3.1.3.2. Peso corporal e IMC

Desafortunadamente, la bibliografía que relaciona estas variables es escasa en el tiro olímpico; Mon et al. (2015) encontraron fuertes correlaciones inversas para todas las variables entre el peso corporal y los movimientos del COP (tanto amplitud como velocidades) con valores entre $r=-0,65$ y $r=-0,97$. Fuera de la bibliografía específica encontramos la existencia de una relación directa entre el peso corporal y la velocidad del COP de entre un $r^2=0,52-0,54$. De la misma manera el peso corporal estaría relacionado directamente con la amplitud de movimientos del COP tanto en el eje antero-posterior $r^2=0,16$ como medio-lateral $r^2=0,37$ (Hue et al., 2007).

Por otro lado, la influencia del peso corporal en el área de desplazamiento del COP difiere en función de la prueba seleccionada. Así, para pruebas realizadas con los ojos abiertos el peso corporal no influiría en el área ($p>0,05$), mientras que para pruebas con ojos cerrados el peso corporal explicaría junto con la edad hasta el 25% de la varianza (Hue et al., 2007)

Parecidos resultados se encuentran en el estudio de Ku et al. (2012) que analizaron la influencia del IMC con respecto al movimiento del COP, donde a mayores índices de masa corporal se encontraron mayores velocidades de movimiento y mayores amplitudes en ambos ejes (antero-posterior y medio-lateral).

Sin embargo, para una población comprendida entre los 20 y 40 años de edad de actividad física irregular, los valores de relación entre el peso corporal con el movimiento del COP fueron inferiores obteniéndose relaciones de $r=0,23$ para el movimiento en el eje

medio-lateral y el área de desplazamiento del COP y de $r=0,24$ para el eje antero-posterior. Sin embargo, no se encontraron relaciones entre la velocidad del COP y el peso corporal o el IMC y el Movimiento del COP (Alonso et al., 2012).

Nuestros resultados señalan que tanto el IMC como el peso corporal aumentan la amplitud de desplazamiento y disminuyen la velocidad del COP, tanto en hombres como en mujeres y tanto en la prueba con mancuerna como en la prueba de pistola.

Por tanto, nuestros datos coinciden especialmente con los valores obtenidos en las relaciones entre peso corporal y las velocidades del COP con el estudio de Mon, et al. (2015), sin embargo difieren en la relación entre el peso corporal y las amplitudes de desplazamiento del COP, ya que, mientras en el presente estudio dichas relaciones fueron positivas en el citado trabajo fueron inversas. Esta diferencias en los resultados podrían ser debidas, entre otras razones, al tamaño de las muestras y a la potencia estadística (69 tiradores en nuestro estudio versus 11 en Mon, et al. (2015), también podrían ser debidas a las diferencias en edad, experiencia y nivel deportivo de los tiradores de ambos estudios, ya que mientras nuestro estudio fue realizado con categoría sénior, Mon et al. (2015) realizaron el estudio con tiradores jóvenes del grupo de selección de talentos.

Visto las diferencias entre la categoría senior y el grupo de detección de talentos en el efecto del peso corporal en el movimiento del COP, cabría pensar que, a diferencia de lo que ocurre en la categoría sénior, el peso corporal podría jugar un papel favorecedor al disminuir la amplitud de desplazamiento del COP en los tiradores más jóvenes. El peso corporal podría ser de ayuda en los jóvenes tiradores, cuya experiencia, nivel técnico y nivel de fuerza son inferiores a los de los tiradores mayores, gracias al control que supone sobre la ley física de la palanca. En este caso, dicho control implicaría que a mayor peso corporal menor efecto tendrá la palanca ejercida por el arma y, por tanto, menor será la necesidad de fuerza para mantenerla estable y menores serán las necesidades técnicas para controlar la estabilidad del arma. No obstante es importante realizar futuros estudios específicos de tiro olímpico con tiradores noveles o menos experimentados para comprobar si el peso corporal tiene o no los mismos efectos en el movimiento del centro de presiones en el tiro de pistola aire que ne deportistas más experimentados.

Nuestros resultados estarían además en concordancia con los resultados obtenidos por Alonso et al., (2012); Hue et al. (2007) y Ku et al. (2012) aunque solamente en lo que respecta a las variables de amplitud de desplazamiento del COP. Nuestra relación osciló

entre $r^2=0,07-0,22$ valores parejos a los obtenidos por Hue et al. (2007) $r^2=0,16-0,37$ en los ejes de desplazamiento o del área de desplazamiento $r^2=0,25$ y a Alonso et al. (2012) $r^2=0,05-0,06$ también en los ejes de desplazamiento o del área de desplazamiento.

Por otro lado, a diferencia de los estudios antes citados, en los que el peso corporal (Alonso et al., 2012; Hue et al., 2007) o el IMC (Ku et al., 2012) estaban relacionados positivamente con la velocidad del COP, nuestros resultados reflejan todo lo contrario. En la prueba de pistola, a medida que se incrementa el peso corporal o el IMC decrece la velocidad de desplazamiento del COP, patrón que se aprecia claramente tanto en varones como en mujeres y que, además, se da tanto en la prueba de pistola como en la prueba de mancuerna con valores muy elevados que oscilaron entre $r=-0,57$ y $r=-0,92$ para hombres y $r=-0,69$ y $r=-0,91$ para mujeres.

Estas diferencias tan evidentes y significativas entre los resultados de unos estudios y otros podrían deberse al tipo de prueba empleada en la medición del equilibrio, puesto que en ambos estudios, la prueba fue inespecífica siendo su objetivo la propia estabilidad corporal, mientras que en nuestro estudio ambas pruebas fueron específicas de la posición de disparo con pistola, siendo además su objetivo principal la ejecución técnica tal cual sería realizada en competición dejando en un segundo plano la estabilidad corporal.

Además, la posición de tiro con pistola aire implicaría la utilización de un elemento adicional (pistola o mancuerna) que generaría una inestabilidad corporal mayor que la de una posición bipodal normal, al generar una serie de fuerzas sobre las articulaciones más alejadas del cuerpo. Dichas fuerzas estarían influenciadas por las leyes mecánicas de la física, por lo que el peso corporal podría ser relevante sobre las mismas. No obstante, aunque nuestros resultados ponen de manifiesto la importancia de la especificidad de las pruebas realizadas para la extrapolación de sus resultados al contexto práctico de entrenamiento, deberían ser refrendados por futuros estudios ya que la bibliografía específica de tiro olímpico es, en este campo, aún escasa.

Parece ser por tanto que el peso corporal juega un papel negativo en la modalidad de pistola del tiro olímpico, al menos en cuanto a las variables de amplitud de desplazamiento del COP que son las que están relacionadas con el rendimiento deportivo. Esta afirmación estaría en consonancia con el estudio de Singh et al. (2009) quienes analizaron la influencia del peso corporal en el equilibrio en situaciones bipodales prolongadas (de forma similar a como ocurre en el tiro olímpico), siendo esta negativa. Así, los valores de todas las variables

de estabilidad corporal fueron inferiores al comienzo de la prueba de equilibrio en los sujetos de mayor peso corporal, algo que se fue acrecentando conforme aumentaba la duración de la misma.

Según Belinchon (2010), los participantes de tiro olímpico presentan un mayor peso corporal y menor estatura que en otros deportes. Esta afirmación podría llevarnos a pensar que ese perfil antropométrico podría ser ventajoso en este deporte; nuestros resultados no confirman esta idea, más bien lo contrario puesto que el IMC se relacionó inversamente con el rendimiento en mujeres y, tanto en hombres como en mujeres, el peso corporal resultó perjudicial para las variables de amplitud de desplazamiento del COP cuya influencia en el rendimiento deportivo era muy relevante.

5.3.2. Relaciones entre las variables descriptivas y de fuerza

Nuestros resultados indicaron que la edad era un factor negativo en cuanto a la fuerza especialmente en las fuerzas relativas al peso y al IMC. Esta tendencia se dio tanto en mujeres como en hombres por igual. Estos datos estarían en consonancia con la bibliografía genérica de teoría de entrenamiento de la fuerza, las cuales reflejan que pasadas ciertas edades dicha cualidad empeora a medida que se avanza en edad (Weineck y Polledo, 2005).

Sin embargo, Mondal et al. (2011) no encontraron relación alguna entre la edad y las variables de fuerza, si bien esta diferencia podría ser debida al rango de edad comprendida por los tiradores de este estudio que osciló entre 14 y 31 años de edad mientras que nuestros tiradores oscilaron entre 21 y 54 años.

Respecto a la estatura, encontramos que estaba directamente relacionada con las fuerzas absolutas y relativas tanto en los hombres como en las mujeres de la muestra. Por tanto, nuestros resultados ($r=0,28-0,56$ en hombres y $r=0,39-0,48$ en mujeres) concordarían con los de los estudios de Mondal et al. (2011) ($r=0,38-0,51$ en hombres y $r=0,55$ en mujeres) y con el estudio de Koley y Gupta (2012) ($r=0,31$ en hombres).

Con respecto al peso corporal y el IMC, nuestros resultados mostraron correlaciones negativas entre ambas variables y las fuerzas relativas en el caso de las mujeres. En el caso de los hombres hubo dos tipos de correlaciones, positivas en los valores de fuerza

absolutos y negativas en los valores de fuerzas relativas tanto al IMC como al peso corporal. En el caso de los varones, nuestros resultados serían similares a los obtenidos por Koley y Gupta (2012) y Mondal et al. (2011) que también encontraron relaciones positivas entre la fuerza y el peso corporal.

Sin embargo, a diferencia de Mondal et al. (2011), no encontramos relaciones entre los valores de fuerza absoluta y el peso corporal o el IMC en las mujeres. Curiosamente, coincidimos con Anderson y Plecas (2000) que encontraron correlaciones positivas entre los valores absolutos de fuerza y el peso corporal cuando analizaron hombres y mujeres conjuntamente pero no coincidimos con los resultados de su análisis cuando segmentaron su muestra por sexos; en este caso mientras ellos no encontraron relación alguna nosotros sí lo hicimos en el caso de los varones.

Es importante resaltar en este apartado que a diferencia de los estudios anteriormente citados, encontramos relaciones negativas entre las fuerzas relativas al peso corporal y al IMC con respecto al peso corporal y al IMC; sin embargo, las relaciones encontradas en los estudios precedentes son siempre positivas. Estas diferencias podrían ser debidas a que dichos estudios analizaron siempre valores de fuerza absolutas y no relativas como en nuestro caso (Anderson y Plecas, 2000; Koley y Gupta, 2012; Mondal et al., 2011).

Finalmente, señalar que nuestros resultados reflejaron que tanto la experiencia como el entrenamiento jugaron un papel favorable en el nivel de fuerza, obteniéndose correlaciones positivas entre ambas variables. Se entiende por tanto que los deportistas que entrenan más horas semanales tienen valores de fuerza superiores. Dichos resultados estarían en concordancia con la bibliografía relacionada con la teoría y práctica del entrenamiento deportivo (González y Ribas, 2002; Platonov, 2001)

5.3.3. Relaciones entre las variables de fuerza y equilibrio

En cuanto a las relaciones de la fuerza y el equilibrio nuestros resultados indicaron diversas situaciones. Por un lado, los valores absolutos de fuerza se relacionaron negativamente con el equilibrio tanto en hombres como en mujeres. Por otro lado, tanto en hombres como en mujeres, los valores de fuerza relativos al IMC o al peso corporal se

relacionaron negativamente con las variables de amplitud de desplazamiento del COP y positivamente con los de velocidades de desplazamiento del COP.

Este curioso patrón es similar al obtenido en nuestro estudio en cuanto a la relación del peso y el IMC con el equilibrio, reforzando un claro efecto del peso corporal en el equilibrio. Por un lado, el aumento de peso corporal supondría un aumento del desplazamiento del COP y una disminución de la velocidad de movimiento del COP. Por su parte, un aumento de fuerza disminuiría la amplitud de movimientos y aumentaría la velocidad de desplazamiento del COP. Parece por tanto evidente que amplitud y velocidad de desplazamiento del COP actúan de diferente manera en el tiro olímpico, máxime cuando la amplitud de desplazamiento está relacionada directamente con el rendimiento mientras que la velocidad del COP no.

Desafortunadamente, la bibliografía de tiro que haya analizado esta relación es muy escasa. Mientras que Koley y Gupta (2012) encontraron relaciones entre la fuerza y el equilibrio, nuestro estudio no; a nuestro juicio, las diferencias entre ambos estudios podrían ser debidas a la diferente naturaleza de las pruebas de equilibrio realizadas en uno y otro estudio, así, mientras nuestra prueba de equilibrio fue específica del tiro olímpico, la de Koley y Gupta (2012) no lo fue.

Por otro lado, está claro que la fatiga muscular aminora el rendimiento (Lakie, 2010) y que tanto la distribución del peso corporal como el peso del arma influyen pudiendo generar más trabajo muscular y, con ello, más fatiga (Yuan y Lee, 1997) con la consiguiente modificación del movimiento del centro de presiones.

Conviene recordar que en la posición de tiro el conjunto arma-brazo-cuerpo transfiere las fuerzas hasta el COP (Pellegrini y Schena, 2005) siendo un sistema complejo. Tendría por tanto sentido pensar que las fuerzas abductoras del hombro y flexoras de los dedos pudieran tener influencia en el movimiento del COP como así sugieren nuestros resultados.

5.3.4. Validez de la prueba de equilibrio sin la utilización del arma

Nuestros resultados sugieren claramente la validez de la prueba de equilibrio mediante la utilización de una mancuerna en sustitución del arma con valores para la prueba de validez intra-clase (coeficientes de correlación intraclase (CCI)) de entre $CCI=0,74-0,96$ para hombres y $CCI=0,74-0,96$ para mujeres y con correlaciones de Pearson con valores que oscilaron entre $r=0,59-0,92$ para hombres y de $r=0,59-0,98$ para mujeres.

La excepción a estos valores sería la velocidad mínima del COP cuyos valores de CCI serían $CCI=0,6$ para hombres y $CCI=0,51$ para mujeres y correlaciones de Pearson de $r=0,35$ para hombres y de $r=0,52$ para mujeres.

Desafortunadamente, sólo encontramos un estudio previo que haya analizado la validez de esta prueba. Según Mon et al. (2015), los coeficientes de correlación intra-clase entre las variables del movimiento del COP que oscilaban entre 0,90 y 0,99. Nuestros resultados por tanto estarían en concordancia con los resultados de Mon et al. (2015), especialmente en cuanto a las variables de velocidad del COP se refieren. Nuestros resultados son sin embargo ligeramente inferiores a los del mencionado estudio en las variables de amplitud de desplazamiento del COP, algo que podría ser debido a la diferencia de potencia estadística entre ambos estudios debido al tamaño de la muestra ya que mientras nuestro estudio contó con 23 mujeres y 46 hombres (todos tiradores categoría sénior y dama), el estudio de Mon et al. (2015) fue realizado con 8 hombres y 3 mujeres, todos del grupo de selección de talentos, por tanto ningún tirador sénior o dama.

Por otro lado, aunque ambos estudios difieren en el tamaño de la muestra, la edad y la experiencia de los participantes, los resultados de ambos estudios sugieren que la prueba de medición con mancuerna es válida para el estudio del movimiento del equilibrio en tiradores de pistola. No obstante es muy importante remarcar que aunque la relación es alta, no es exacta, lo que hace pensar siempre que sea posible resultará más interesante realizar la prueba con pistola por ser más específica. Sin embargo, la realización de la prueba con mancuerna nos permitirá obtener datos muy fiables en aquellas ocasiones en las que el uso de armas esté limitado Mon et al. (2015).

Finalmente, es muy importante señalar el gran valor que puede representar este tipo de pruebas en centros escolares o centros deportivos al facilitar la temprana detección de talentos en el tiro olímpico en cualquier contexto, incluidos aquellos en los que el uso de

armas pueda estar prohibido o socialmente no aceptado. Además, la utilización de materiales estandarizados y económicamente asequibles como mancuernas en sustitución de las pistolas y de plataformas tipo Wii balance board (45 cm x 26,5 cm) válidas para la medición equilibrio, tal y como señalan Clark et al. (2010), en lugar de plataformas de fuerza como la utilizada por nosotros (*Kistler 9286AA*) disminuiría el coste de los materiales empleados y haría más fácil su realización en cualquier lugar Mon et al. (2015).

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

En lo relativo al objetivo principal de esta tesis podemos decir que se ha cumplido, puesto que como se detalla a continuación se ha podido comprobar que tanto las variables descriptivas, como las de fuerza, como las de equilibrio determinan el rendimiento deportivo en la prueba de pistola aire obteniéndose las conclusiones siguientes:

- RENDIMIENTO

- Las variables descriptivas:

Algunas variables descriptivas tienen relevancia en el rendimiento deportivo, especialmente el entrenamiento, ya que dicha variable fue predictora del rendimiento deportivo tanto en hombres como en mujeres. Analizando por separado varones y mujeres, podemos observar que mientras en los hombres la experiencia tuvo influencia en el rendimiento en mujeres fue el IMC.

Por el contrario parámetros antropométricos como la estatura, el peso corporal o la edad parecen no jugar un papel directo en el rendimiento deportivo, por tanto no existe un patrón antropométrico que determine el rendimiento en tiro olímpico, si bien en mujeres el IMC juega un papel relevante.

- La Fuerza:

La fuerza juega un papel determinante en el rendimiento deportivo en tiro olímpico tanto en hombres como en mujeres. En estas últimas, las fuerzas abductoras de hombro y flexoras de los dedos relativas al IMC son el factor más determinante en el rendimiento. Por su parte, en hombres la fuerza flexora de los dedos, tanto en valores de fuerza absolutos como relativos al peso, parece ser el factor más determinante en el rendimiento.

- El equilibrio:

El equilibrio entendido como el desplazamiento del COP parece influir en el rendimiento deportivo tanto en hombres como mujeres. Es importante matizar que solamente las variables relacionadas con la amplitud de movimiento del COP determinan el rendimiento no siendo así en el caso de la velocidad de desplazamiento del COP. También es importante señalar que existen claras diferencias en la repercusión que el equilibrio tiene en el rendimiento de varones y mujeres, siendo mucho mayor el efecto del equilibrio en el rendimiento estas últimas.

En lo relativo al objetivo secundario número I, se podría decir que también se ha cumplido. Se han demostrado claras relaciones entre las distintas variables, tanto descriptivas, como de equilibrio, como de fuerza, explicando estas su posible repercusión indirecta en el rendimiento deportivo obteniéndose las conclusiones siguientes:

- RELACIONES ENTRE VARIABLES:

- Variables descriptivas y equilibrio.

Existen una serie de variables que si bien no afectan directamente al rendimiento deportivo pueden determinar el equilibrio y ayudar a entender cómo funciona el tiro olímpico en conjunto. Así el peso y el IMC parecen jugar un papel relevante en el equilibrio mejorando la velocidad de desplazamiento del COP pero influyendo negativamente en las amplitudes de desplazamiento del COP. Teniendo en cuenta que las amplitudes de desplazamiento están relacionadas con el rendimiento, no se puede descartar la influencia indirecta del peso o el IMC en el rendimiento deportivo, especialmente en mujeres.

- Variables descriptivas y fuerza.

Mientras la edad juega claramente un papel negativo en el desarrollo de la fuerza, el entrenamiento y la estatura son favorables tanto para las fuerza relativas como absolutas. Por tanto si tenemos en cuenta que la fuerza está directamente relacionada con el rendimiento en pistola, no podemos descartar que los factores que intervienen negativamente (edad) o positivamente (entrenamiento y estatura) en la fuerza puedan afectar indirectamente al rendimiento.

- Fuerza y equilibrio.

La fuerza actuó de manera diferente en función de la variable seleccionada, por un lado las fuerzas absolutas se relacionaron inversamente con el equilibrio con independencia de la variable de equilibrio. Sin embargo, las fuerzas relativas al IMC o al peso, se relacionaron inversamente con las variables de desplazamiento del COP y positivamente con las velocidades del COP. Por tanto no se puede descartar que la fuerza, además de tener un efecto directo sobre el rendimiento deportivo, tenga un efecto indirecto sobre el rendimiento a través del equilibrio.

En lo relativo al objetivo secundario número II, se podría decir que también se ha cumplido. Se ha comprobado la alta concordancia de los datos obtenidos tanto en la prueba realizada con pistola como en la prueba realizada con mancuerna de obteniéndose las conclusiones siguientes:

- VALIDACIÓN DE LA PRUEBA DE EQUILIBRIO.

La prueba de medición del equilibrio es válida para medir las variables del movimiento del COP en situaciones en las que no se pueda usar el arma, si bien al no ser esta prueba 100% exacta, recomendamos la realización de la prueba con pistola siempre que se pueda llevar a cabo.

Conclusiones

En lo relativo al objetivo secundario número III, se podría decir que también se ha cumplido. Se ha comprobado la existencia de claras diferencias entre hombres y mujeres obteniéndose las conclusiones siguientes:

- DIFERENCIAS ENTRE HOMBRES Y MUJERES:
 - Respecto las variables descriptivas, podríamos decir que las muestras de hombres y mujeres son distintas en cuanto a la estatura, el peso corporal y el IMC, sin embargo, no se encontraron diferencias en el rendimiento, la experiencia y las horas de entrenamiento.
 - Los hombres manifestaron mayores valores de fuerza que las mujeres en todas las variables medidas.
 - En la mayoría de variables de equilibrio, los hombres presentaron valores significativamente superiores.

7. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

7.1. Fortalezas

El principal punto fuerte de este estudio es que los datos en él analizados provienen de los entrenamientos oficiales en una competición de alto nivel. Estos entrenamientos forman parte del programa oficial de competición y son la situación más próxima y similar a la competición en la que se pueden tomar datos ya que el reglamento impide la toma de datos durante la competición. La mayoría de estudios realizados previamente se han llevado a cabo en situaciones de entrenamiento o mediante el uso de sistemas optoelectrónicos, sin embargo, este tipo de trabajos no puede llegar a reflejar todas las condiciones intrínsecas de la competición. Por tanto, la variable rendimiento ha sido tomada en una situación de competición real, de acuerdo con la organización y gracias a los árbitros de la misma, lo que supone un valor añadido respecto de los estudios realizados fuera del ámbito de la competición.

La bibliografía es escasa en lo que respecta a los factores de rendimiento en el tiro olímpico en la modalidad de pistola aire, especialmente en mujeres. Existen estudios que tratan de determinar factores aislados como la fuerza, el equilibrio, factores antropométricos, etc. pero se han encontrado muy pocos estudios que traten de aunar todos estos factores. Por tanto, el interés de esta tesis radica en al tratar de explicar de forma más amplia los factores determinantes del rendimiento deportivo en tiro olímpico.

Tampoco existen muchos estudios que comparen mujeres y hombres, algo que sin duda es interesante para comprender las posibles diferencias entre ambos sexos y poder entender y diseñar los entrenamientos de los deportistas atendiendo a sus necesidades específicas.

En cuanto a los estudios que analizan la relación de las diversas variables entre sí, también podemos decir que la bibliografía es escasa. Desde nuestro punto de vista, las relaciones intrínsecas entre las variables nos ayudan a entender mejor los procesos dentro del propio deporte y por tanto a comprenderlo. Entendemos que un mayor conocimiento del deporte ayudará a los técnicos a realizar su trabajo y mejoraría las prestaciones de los deportistas, lo cual hace que este estudio sea especialmente interesante.

El tamaño de la muestra es también un punto a tener en cuenta. En la bibliografía existente, excepto en dos trabajos si no se tienen en cuenta los estudios realizados con militares o policías que son grupos con importantes diferencias respecto a los tiradores deportivos, las muestras son menos extensas que la nuestra que contó con 23 mujeres y 46 hombres para un total de 69 tiradores de pistola. Por tanto, podemos afirmar que nuestro estudio presenta un fuerte valor estadístico.

Por otro lado, solamente existe un estudio previo que realice la validación de una prueba de medición del equilibrio sin el uso del arma. Hemos realizado dicha prueba mejorando bastante la potencia estadística del estudio precedente y reforzando sus resultados, lo que le otorga a nuestro estudio más valor añadido.

Otro punto fuerte de nuestro estudio es la inclusión de algunas variables no estudiadas previamente como las fuerzas relativas al IMC o el peso corporal o, en el caso del equilibrio, la inclusión de los desplazamientos en los ejes principal y secundario de la elipse, el ángulo entre el eje principal y el eje o la velocidad mínima de desplazamiento del COP.

7.2. Limitaciones

La fortaleza de este estudio es, a su vez, su punto más débil puesto que, al llevar a cabo el estudio durante los entrenamientos oficiales, varios deportistas no quisieron realizarlo, para evitar que pudiera interferir en su rendimiento del día siguiente.

Además, al realizar la toma de datos durante los entrenamientos, el tiempo en el que los datos podían ser tomados era muy escaso, únicamente 8 horas, algo que sin duda hizo que la muestra fuera menor de lo deseado, especialmente en mujeres.

Otra de las limitaciones del estudio fue la no inclusión de otros factores que influyen en el rendimiento, como algunos aspectos psicológicos debido a la ya señalada falta de tiempo en la toma de los datos.

La estandarización del tiempo de disparo hizo que algunos tiradores se vieran forzados a realizar un movimiento de disparo que no sería exactamente tal y como lo ejecutarían en competición pero fue necesaria para poder comparar los parámetros de estabilidad con el mismo criterio.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A la vista de los resultados de esta tesis, estimamos que en el futuro serían interesantes las siguientes líneas de investigación:

- Realizar un futuro estudio con grupos de control y grupos experimentales para ver la incidencia de distintos tipos de entrenamientos de fuerza, su repercusión en el rendimiento deportivo y poder comparar y conocer qué tipos de cargas son las mejores para el tiro olímpico.
- Hacer un análisis conjunto de las variables de parada del arma junto a las estudiadas en esta tesis con el objetivo de elaborar una ecuación de regresión lineal más completa.
- Realizar un estudio similar al presente en las modalidades de tiro al plato y carabina con el fin de aumentar el conocimiento existente al respecto ya que la bibliografía referida a estas modalidades es prácticamente inexistente.
- Hacer un análisis comparativo del rendimiento deportivo entre mujeres y hombres en condiciones similares de volumen de disparo.
- Repetir el estudio incluyendo mas sujetos para que la potencia estadística aumente y mejore la ecuación de regresión lineal.

9. APLICACIONES PRÁCTICAS

9. APLICACIONES PRÁCTICAS

A tenor de los resultados obtenidos en esta tesis doctoral, parecen evidentes las diferencias entre hombres y mujeres en cuanto al perfil, la fuerza y el equilibrio, algo que debería ser tenido en cuenta por los entrenadores e investigadores intentando trabajar con estos grupos de forma segmentada.

El tiempo de dedicación al entrenamiento, la fuerza y el equilibrio juegan un papel relevante en el rendimiento en tiro olímpico en la modalidad de pistola aire; es importante para los entrenadores tener esto en cuenta a la hora de planificar el trabajo de entrenamiento complementando el trabajo técnico con sesiones de acondicionamiento físico que optimicen la preparación de los deportistas.

Por otro lado, como hemos podido observar existen diferencias entre hombres y mujeres en cuanto al porcentaje de influencia de las variables de fuerza y equilibrio en el rendimiento. Teniendo en cuenta estas diferencias, los entrenadores deberían diseñar programas de entrenamiento que potenciaran especialmente las variables que más repercusión tienen. En el caso de las mujeres, el equilibrio y en el de los hombres las variables de fuerza. No obstante, deberían implementarse trabajos paralelos para la mejora del equilibrio en los hombres y de la fuerza en las mujeres.

Además, sería muy recomendable en el caso de las mujeres que dentro del trabajo de acondicionamiento físico se incluyeran ejercicios y programas de trabajo cuyo objetivo fuera la reducción del IMC, puesto que esta también es una variable clave en su rendimiento.

Finalmente, debemos señalar que, a día de hoy, existen posibilidades accesibles y económicamente asequibles para la valoración universal de los parámetros de equilibrio específico del tiro con pistola aire que deberían tenerse muy en cuenta para el desarrollo de programas de detección de talentos en esta modalidad del tiro olímpico.

10. REFERENCIAS

- Aalto, H., Pyykko, I., Ilmarinen, R., Kahkonen, E., & Starck, J. (1990). Postural stability in shooters. *ORL*, 52(4), 232-238.
- Abernethy, B., & Neal, R. J. (1999). Visual characteristics of clay target shooters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(1), 1-19.
- Alonso, A. C., Luna, N. M. S., Mochizuki, L., Barbieri, F., Santos, S., & Greve, J. M. D. A. (2012). The influence of anthropometric factors on postural balance: the relationship between body composition and posturographic measurements in young adults. *Clinics*, 67(12), 1433-1441.
- Anderson, G. S., & Plecas, D. B. (2000). Predicting shooting scores from physical performance data. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 23(4), 525-537.
- Antal, L., & Skanaker, R. (1985). *Pistol Shooting*. Liverpool.
- Baca, A., & Kornfeind, P. (2012). Stability analysis of motion patterns in biathlon shooting. *Human Movement Science*, 31(2), 295-302.
- Balasubramaniam, R., Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2000). Specificity of postural sway to the demands of a precision task. *Gait & Posture*, 11(1), 12-24.
- Ball, K., Best, R., & Wrigley, T. (2003a). Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. *Journal of sports sciences*, 21(7), 559-566.
- Ball, K., Best, R., & Wrigley, T. (2003b). Inter- and intra-individual analysis in elite sport: Pistol shooting. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(1), 28-38.
- Bansevicius, R., Fedaravicius, A., Ostasevicius, V., & Ragulskis, M. (2004). Development of laser rifle trainer with full shot imitation. *Shock and Vibration*, 11(2), 81-88.
- Behan, M., & Wilson, M. (2008). State anxiety and visual attention: The role of the quiet eye period in aiming to a far target. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 207-215.
- Belinchon, F. (2010). *Estudio médico deportivo de las modalidades de tiro olímpico* (tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

- Bertollo, M., Robazza, C., Falasca, W. N., Stocchi, M., Babiloni, C., Del Percio, C., . . . Vecchio, F. (2012). Temporal pattern of pre-shooting psycho-physiological states in elite athletes: A probabilistic approach. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(2), 91-98.
- Bonke, D., & Nickel, B. (1988). Improvement of fine motoric movement control by elevated dosages of vitamin B1, B6, and B12 in target shooting. *International journal for vitamin and nutrition research*, 30, 198-204.
- Bortoli, L., Bertollo, M., Hanin, & Robazza, C. (2012). Striving for excellence: A multi-action plan intervention model for shooters. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(5), 693-701.
- Boyce, B. (1994). The effects of goal setting on performance and spontaneous goal-setting behavior of experienced pistol shooters. *Sport Psychologist*, 8, 87-87.
- Brown, M. J., Tandy, R. D., Wulf, G., & Young, J. C. (2013). The effect of acute exercise on pistol shooting performance of police officers. *Motor control*, 17(3), 273-82.
- Caron, O., Fontanari, P., Cremieux, J., & Joulia, F. (2004). Effects of ventilation on body sway during human standing. *Neuroscience letters*, 366(1), 6-9.
- Causser, J., Bennett, S. J., Holmes, P. S., Janelle, C. M., & Williams, A. (2010). Quiet eye duration and gun motion in elite shotgun shooting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1599.
- Causser, J., Holmes, P. S., Smith, N. C., & Williams, A. M. (2011). Anxiety, movement kinematics, and visual attention in elite-level performers. *Emotion*, 11(3), 595.
- Clark, R. A., Bryant, A. L., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K., & Hunt, M. (2010). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*, 31(3), 307-310.
- Colado, J. A. (2011). *Pistola: Formacion Técnica-Táctica y Regalmentos*. Madrid. Escuela de tiro de la RFEDETO.

- Copay, A. G., & Charles, M. T. (1998). Police academy fitness training at the Police Training Institute, University of Illinois. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 21(3), 416-431.
- Copay, A. G., & Charles, M. T. (2001a). Handgun shooting accuracy in low light conditions: The impact of night sights. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 24(4), 595-604.
- Copay, A. G., & Charles, M. T. (2001b). The influence of grip strength on handgun marksmanship in basic law enforcement training. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 24(1), 32-39.
- Charles, M. T., & Copay, A. G. (2000). Marksmanship skills of female police recruits: Impact of basic firearms training. *International Journal of Police Science & Management*, 3(4), 303-308.
- Chung, G., Cruz, G., Vries, L., Kim, J., Bewley, W., Souza e Silva, A., . . . Baker, E. (2004). Determinants of Rifle Marksmanship Performance: Predicting Shooting Performance with Advanced Distributed Learning Assessments: DTIC Document.
- Chung, G. K., Delacruz, G. C., de Vries, L. F., Bewley, W. L., & Baker, E. L. (2006). New directions in rifle marksmanship research. *Military Psychology*, 18(2), 161-179.
- Chung, G. K., O'Neil, H. F., Delacruz, G. C., & Bewley, W. L. (2005). The Role of Anxiety on Novices' Rifle Marksmanship Performance. *Educational Assessment*, 10(3), 257-275.
- Chung, S., Kim, J., Janelle, C. M., & Radlo, S. J. (1996). The five-step strategy and air gun shooting performance of experienced shooters. *Perceptual and Motor Skills*, 82(2), 591-594.
- da Costa Dias, A., Dantas, E. H., Moreira, S. B., & da Silva, V. F. (2005). Relationship between the level of the aerobic conditioning, performance on an obstacle course, and outcome in a shooting test. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11(6), 341-346.

- Dadswell, C. E., Payton, C., Holmes, P., & Burden, A. (2013). Biomechanical analysis of the change in pistol shooting format in modern pentathlon. *Journal of sports sciences*, 31(12), 1294-1301.
- de Salles, B. F., Miranda, F., da Silva Novaes, J., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports Medicine*, 39(9), 765-777.
- Di Russo, F., Pitzalis, S., Aprile, T., & Spinelli, D. (2005). Effect of practice on brain activity: an investigation in top-level rifle shooters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(9), 1586-1593.
- Di Russo, F., Pitzalis, S., & Spinelli, D. (2003). Fixation stability and saccadic latency in elite shooters. *Vision Research*, 43(17), 1837-1845. doi:10.1016/S0042-6989(03)00299-2
- Domingues, C. A., Machado, S., Cavaleiro, E. G., Furtado, V., Cagy, M., Ribeiro, P., & Piedade, R. (2008). Alpha absolute power: motor learning of practical pistol shooting. *Arquivos de neuro-psiquiatria*, 66(2B), 336-340.
- Doppelmayr, M., Finkenzeller, T., & Sauseng, P. (2008). Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices. *Neuropsychologia*, 46(5), 1463-1467.
- Era, P., Kontinen, N., Mehto, P., Saarela, P., & Lyytinen, H. (1996). Postural stability and skilled performance--a study on top-level and naive rifle shooters. *Journal of biomechanics*, 29(3), 301-306.
- Espada, R., Herrero, F., y Martínez Macías, J. (1996). *La escopeta. Armas y técnicas de tiro*. Barcelona: REDE.
- Evans, R. K., Scoville, C. R., Ito, M. A., & Mello, R. P. (2003). Upper body fatiguing exercise and shooting performance. *Military Medicine*, 168(6), 451-456.
- Fenici, R., Ruggieri, M. P., Brisinda, D., & Fenici, P. (1999). Cardiovascular adaptation during action pistol shooting. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 39(3), 259-266.
- Freeman, P. C. (1968). *Modern pistol shooting*. London: Faber.

- Gillingham, R. L., Keefe, A. A., & Tikuisis, P. (2004). Acute caffeine intake before and after fatiguing exercise improves target shooting engagement time. *Aviation, space, and environmental medicine*, 75(10), 865-871.
- Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: INDE.
- González Chas, J. (1997). *La preparación del tirador : un estudio completo del tiro con arma corta*. La Coruña: Eurotra.
- Goodman, S., Haufler, A., Shim, J. K., & Hatfieldd, B. (2009). Regular and Random Components in Aiming-Point Trajectory During Rifle Aiming and Shooting. *Journal of motor behavior*, 41(4), 367-384.
- Goonetilleke, R. S., Hoffmann, E. R., & Lau, W. C. (2009). Pistol shooting accuracy as dependent on experience, eyes being opened and available viewing time. *Applied Ergonomics*, 40(3), 500-508.
- Guillot, A., Collet, C., Molinaro, C., & Dittmar, A. (2004). Expertise and peripheral autonomic activity during the preparation phase in shooting events. *Perceptual and Motor Skills*, 98(2), 371-381.
- Gulbinskienė, V., & Skarbalius, A. (2009). Peculiarities of investigated characteristics of lithuanian pistol and rifle shooters' training and sport performance. *Ugdymas Kuno Kultura*, 21-26.
- Hawkins, R. (2011). Identifying mechanic measures that best predict air-pistol shooting performance. *International journal of performance analysis in sport*, 11(3), 499-509.
- Hawkins, R., & Bertrand, P. (2015). Relationship between twelve mechanic measures and score for national-level pistol shooters. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 332-342.
- Hawkins, R. (2013). Effects of stance angle on postural stability and performance with national-standard air pistol competitors. *European journal of sport science*, 13(5), 483-489.

- Hawkins, R., & Sefton, J. M. (2011). Effects of stance width on performance and postural stability in national-standard pistol shooters. *Journal of sports sciences*, 29(13), 1381-1387.
- Helin, P., Sihvonen, T., & Hanninen, O. (1987). Timing of the triggering action of shooting in relation to the cardiac cycle. *British journal of sports medicine*, 21(1), 33-36.
- Herpin, G., Gauchard, G. C., Lion, A., Collet, P., Keller, D., & Perrin, P. P. (2010). Sensorimotor specificities in balance control of expert fencers and pistol shooters. *Journal of electromyography and kinesiology*, 20(1), 162-169.
- Hertel, J. (2000). Functional instability following lateral ankle sprain. *Sports Medicine*, 29(5), 361-371.
- Hue, O., Simoneau, M., Marcotte, J., Berrigan, F., Doré, J., Marceau, P., . . . Teasdale, N. (2007). Body weight is a strong predictor of postural stability. *Gait Posture*, 26(1), 32-38.
- Ihalainen, S., Kuitunen, S., Mononen, K., & Linnamo, V. (2015). Determinants of elite level air rifle shooting performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(3), 266-274.
- ISSF. (2013a). issf-sports.org, from <http://www.issf-sports.org/results.ashx>
- ISSF. Official Statutes Rules and Regulations (2013b). Germany: ISSF.
- Janelle, C. M., Hillman, C., Apparies, R., Murray, N., Meili, L., Fallon, E., & Hatfield, D. (2000). Expertise differences in cortical activation and gaze behavior during rifle shooting. *Journal of sport & Exercise psychology*, 22, 167-182.
- John, S., Verma, S., & Khanna, G. (2010). The Effect of Music Therapy on Salivary Cortisol as a Reliable Marker of Pre Competition Stress in Shooting Performance. *Journal of Exercise Science and Physiotherapy*, 6(2), 70-77.
- Kayihan, G., Ersoz, G., Özkan, A., & Mitat, K. (2013). Relationship between efficiency of pistol shooting and selected physical-physiological parameters of police. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 36(4), 11-11.

- Kayihan, G., Ersoz, G., Özkan, A., & Tuna, M. (2014). Relationship between anxiety, heart rate and efficiency of pistol shooting. *International Journal of Human Sciences*, 11(1), 1266-1281.
- Keller, G., Li, Y., Weiss, L., & Relyea, G. (2006). Contextual interference effect on acquisition and retention of pistol-shooting skills. *Perceptual and Motor Skills*, 103(1), 241-252.
- Kemnitz, C., Johnson, R., Merullo, D., & Rice, V. (2001). Relation of rifle stock length and weight to military rifle marksmanship performance by men and women. *Perceptual and Motor Skills*, 93(2), 479.
- Kerick, S. E., Douglass, L. W., & Hatfield, B. D. (2004). Cerebral cortical adaptations associated with visuomotor practice. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(1), 118-129.
- Koley, S., & Gupta, B. (2012). Correlations of Static Balance and Anthropometric Characteristics in Indian Élite Male Shooters. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 24(2), 65-72.
- Konttinen, N., Landers, D. M., & Lyytinen, H. (2000). Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10(3), 169-177.
- Konttinen, N., Lyytinen, H., & Era, P. (1999). Brain Slow Potentials and Postural Sway Behavior During Sharpshooting Performance. *Journal of motor behavior*, 31(1), 11-20.
- Konttinen, N., Lyytinen, H., & Konttinen, R. (1995). Brain slow potentials reflecting successful shooting performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 66(1), 64-72.
- Konttinen, N., Lyytinen, H., & Viitasalo, J. (1998). Rifle balancing in precision shooting: behavioral aspects and psychophysiological implication. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(2), 78-83.

- Konttinen, N., Mets, T., Lyytinen, H., & Paananen, M. (2003). Timing of triggering in relation to the cardiac cycle in nonelite rifle shooters. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(4), 395-400.
- Konttinen, N. K., Wiitasalo, J., & Mets, T. (2004). The Effects of Augmented Auditory Feedback on Psychomotor Skill Learning in Precision Shooting. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 26(2), 306-316.
- Krasilshchikov, O., Zuraidee, E., & Singh, R. (2007). Effect of general and auxiliary conditioning on specific fitness of young pistol and rifle shooters. *Asian Journal of Exercise & Sport Science*, 4(1), 01-06.
- Ku, P., Abu Osman, N., Yusof, A., & Wan Abas, W. (2012). Biomechanical evaluation of the relationship between postural control and body mass index. *Journal of biomechanics*, 45(9), 1638-1642.
- Laaksonen, M. S., Ainegren, M., & Lisspers, J. (2011). Evidence of Improved Shooting Precision in Biathlon After 10 Weeks of Combined Relaxation and Specific Shooting Training. *Cognitive Behaviour Therapy*, 40(4), 237-250.
- Lakie, M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental Physiology*, 95(3), 441-450.
- Lakie, M., Villagra, F., Bowman, I., & Wilby, R. (1995). Shooting performance is related to forearm temperature and hand tremor size. *Journal of sports sciences*, 13(4), 313-320.
- Leatherdale, F. (1995). *Successful pistol shooting*: Crowood Press.
- Loginov, S. I., & Efimova, J. S. (2014). Postural tremor and rifle shooting in view of chaos theory and self-organization of complex systems. *Theory and Practice of Physical Culture*. De <http://teoriya.ru/en/node/301>
- Loze, G. M., Collins, D., & Holmes, P. S. (2001). Pre-shot EEG alpha-power reactivity during expert air-pistol shooting: a comparison of best and worst shots. *Journal of sports sciences*, 19(9), 727-733.

- MacCaslin, E., & McGuigan, F. (1956). The prediction of rifle marksmanship. *Journal of Applied Psychology*, 40(5), 341.
- Mason, B., Cowan, L., & Gonczol, T. (1990). Factors affecting accuracy in pistol shooting. *Excel*, 6, 2-6.
- McLellan, T. M., Kamimori, G. H., Bell, D. G., Smith, I. F., Johnson, D., & Belenky, G. (2005). Caffeine maintains vigilance and marksmanship in simulated urban operations with sleep deprivation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 76(1), 39-45.
- Mello, R. P. (1999). Rifle Shooting Accuracy During Recovery from Fatiguing Exercise. *US Army Research Institute of Environmental Medicine Natick*, 350-355.
- Mets, T., Konttinen, N., & Lyytinen, H. (2007). Shot placement within cardiac cycle in junior elite rifle shooters. *Psychology of Sport and Exercise*, 8(2), 169-177.
- Minvielle, G., & Audiffren, M. (2000). Study of anticipatory postural adjustments in an air pistol-shooting task. *Perceptual and motor skills*, 91(3f), 1151-1168.
- Mon, D. (2006). Objetivos y ventajas de la preparación física en el tiro olímpico: una primera aproximación. *Tiro Olímpico*, 60(Verano), 18-21.
- Mon, D. (2008-2009). El trabajo de la fuerza: Consideraciones generales y efectos. *Tiro Olímpico*, 68(Otono-Inv), 24-27.
- Mon, D. (2010a). Entrenamiento en circuito: Pautas y ejemplos para su trabajo en el tiro olímpico. *Tiro Olímpico*, 72(Invierno), 20-25.
- Mon, D. (2010b). Transferencias y ventajas de otros deportes para el tiro olímpico.(I). *Tiro Olímpico*, 73(Verano), 22-26.
- Mon, D. (2010-2011). Transferencias y ventajas de otros deportes para tiro olímpico.(II). *Tiro Olímpico*, 75(Otono-Invierno), 50-54.
- Mon, D. (2014). La preparación física en el tiro olímpico ¿es necesaria? *Tiro Olímpico*, 1, 44-45.

- Mon, D., Zakyntthinaki, M. S., Cordente, C. A., Antón, A. J. M., Rodríguez, B. R., & Jiménez, D. L. (2015). Finger Flexor Force Influences Performance in Senior Male Air Pistol Olympic Shooting. *PLoS ONE*, 10(6), e0129862. doi: 10.1371/journal.pone.0129862
- Mon, D., Zakyntthinaki, M. S., Cordente, C. A., Barriopedro, M. I., & Sampedro, J. (2014). Body sway and performance at competition in male pistol and rifle Olympic shooters. *Biomedical Human Kinetics*, 6, 56-62. doi: 10.2478/bhk-2014-0010
- Mon, D., Zakyntthinaki, M. S., Cordente, C. A., Barriopedro, M. I., & Sampedro, J. (2015). Prevalidación de un test de equilibrio en tiro olímpico sin armas. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte*, "in press".
- Mon, D., Zakyntthinaki, M. S., Cordente, C. A., Monroy Antón, A., & López Jiménez, D. (2014). Validation of a Dumbbell Body Sway Test in Olympic Air Pistol Shooting. *PLoS ONE*, 9(4), e96106. doi: 10.1371/journal.pone.0096106
- Mondal, A., Majumdar, R., & Pal, S. (2011). Anthropometry and Physiological Profile of Indian Shooter. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 23(2), 394-405.
- Mononen, K. (2007). *The effects of augmented feedback on motor skill learning in shooting: A feedback training intervention among inexperienced rifle shooters*: University of Jyväskylä.
- Mononen, K., Kontinen, N., Viitasalo, J., & Era, P. (2007). Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(2), 180-185.
- Mononen, K., Viitasalo, J. T., Era, P., & Kontinen, N. (2003). Optoelectronic measures in the analysis of running target shooting. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 13(3), 200-207.
- Mononen, K., Viitasalo, J. T., Kontinen, N., & Era, P. (2003). The effects of augmented kinematic feedback on motor skill learning in rifle shooting. *Journal of sports sciences*, 21(10), 867-876.

- Morrillo, M., Di Russo, F., Pitzalis, S., & Spinelli, D. (2006). Latency of prosaccades and antisaccades in professional shooters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(2), 388-394.
- Mullineaux, D. R., Underwood, S. M., Shapiro, R., & Hall, J. W. (2012). Real-time biomechanical biofeedback effects on top-level rifle shooters. *Applied Ergonomics*, 43(1), 109-114.
- Nagashima, S. O., Delacruz, G. C., Lee, J. J., Wainess, R., & Baker, E. L. (2011). Review of rifle marksmanship training research. USA: UCLA
- Nibbeling, N., Oudejans, R. R., Cañal-Bruland, R., van der Wurff, P., & Daanen, H. A. (2013). Pursue or shoot? Effects of exercise-induced fatigue on the transition from running to rifle shooting in a pursuit task. *Ergonomics*, 56(12), 1877-1888.
- Nibbeling, N., Oudejans, R. R., & Daanen, H. A. (2012). Effects of anxiety, a cognitive secondary task, and expertise on gaze behavior and performance in a far aiming task. *Psychology of Sport and Exercise*, 13(4), 427-435.
- Nibbeling, N., Oudejans, R. R., Ubink, E. M., & Daanen, H. A. (2014). The effects of anxiety and exercise-induced fatigue on shooting accuracy and cognitive performance in infantry soldiers. *Ergonomics*, 57(9), 1366-1379.
- Nieuwenhuys, A., Caljouw, S. R., Leijsen, M. R., Schmeits, B. A., & Oudejans, R. R. (2009). Quantifying police officers' arrest and self-defence skills: Does performance decrease under pressure? *Ergonomics*, 52(12), 1460-1468.
- Nieuwenhuys, A., & Oudejans, R. R. (2010). Effects of anxiety on handgun shooting behavior of police officers: a pilot study. *Anxiety, Stress, & Coping*, 23(2), 225-233.
- Nieuwenhuys, A., & Oudejans, R. R. (2011). Training with anxiety: short-and long-term effects on police officers' shooting behavior under pressure. *Cognitive processing*, 12(3), 277-288.
- Niinimaa, V., & McAvoy, T. (1983). Influence of exercise on body sway in the standing rifle shooting position. *Canadian journal of applied sport sciences*, 8(1), 30.

- Oudejans, R. (2008). Reality-based practice under pressure improves handgun shooting performance of police officers. *Ergonomics*, 51(3), 261-273.
- Pellegrini, B., & Schena, F. (2005). Characterization of arm-gun movement during air pistol aiming phase. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 467.
- Pinsault, N., & Vuillerme, N. (2009). Test-retest reliability of centre of foot pressure measures to assess postural control during unperturbed stance. *Medical engineering & physics*, 31(2), 276-286.
- Platonov, V. N. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. Barcelona: Paidotribo.
- Pojman, N., Behneman, A., Kintz, N., Johnson, R., Chung, G., Nagashima, S., . . . Berka, C. (2009). Characterizing the Psychophysiological Profile of Expert and Novice Marksmen. *Foundations of Augmented Cognition. Neuroergonomics and Operational Neuroscience*, 524-532.
- Puglisi, M. L., & La rocca, R. (2014). Evaluation of postural balance in skeet shooting. *International Journal of Education and Research*, 2(12), 53-60.
- Quevedo i Junyent, L., & Sole i Forto, J. (1995). Visual training programme applied to precision shooting. *Ophthalmic Physiological Optics*, 15(5), 519-523.
- Quevedo, L., Solé, J., Palmi, J., Planas, A., & Saona, C. (1999). Experimental study of visual training effects in shooting initiation. *Clinical and Experimental Optometry*, 82(1), 23-28.
- Reinkemeier, H., Buhlmann, G., Eckhardt, M., Kulla, C., & Linn, U. (2006). *Air rifle shooting: fitness - technique - 3-positions - supported - movement sequences - rifles - aiming paths - exercises - psyche - training - coaches*. Dortmund: MEC
- Reinkemeier, H., Bühlmann, G., & Konietzny, A. (2006). *Tiro olímpico con pistola: Técnica · Entrenamiento · Táctica · Preparación Psicológica · Armas*. Dortmund: MEC.
- RFEDETO. (2012). *Reglamento Técnico General para todas las Modalidades de Tiro* (2009 ed.). Madrid: Real Federación Española de Tiro Olímpico.
- RFEDETO. (2014a), de <http://www.tirolimpico.org/apps/>

- RFEDETO *Estatutos* (2014b), de http://www.tirolimpico.org/apps/displayFile/es/RFEDETO/public/pages/normativas-y-reglamentos.cms_xhtml
- Rio, R. (2003). *Intelligent training/Total training*. ISSF Coaching. 39-42.
- Rodd, D., Leasure-Woodburn, M., & Wilson, G. (2010). The effects of grip strength and firearm discharge. *Indiana Law Enforcement Journal*, 1(8), 1-11.
- Ryu, J., & Khan, H. (2012). Effects of muscle fatigue on the pistol shooting performance. *The Korea Journal of Sports Science*, 21(5), 1059-1068.
- Schieppati, M., Nardone, A., & Schmid, M. (2003). Neck muscle fatigue affects postural control in man. *Neuroscience*, 121(2), 277-285.
- Scholz, J. P., Schoner, G., & Latash, M. L. (2000). Identifying the control structure of multijoint coordination during pistol shooting. *Experimental brain research*, 135(3), 382-404.
- Selinger, J. (2010). *The effect of weight and weight distribution on upper extremity muscular fatigue during static rifle aiming* (marsters degree thesis). Queen's University: Canada.
- Share, B., Sanders, N., & Kemp, J. (2009). Caffeine and performance in clay target shooting. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 661-666.
- Singh, D., Park, W., Levy, M., & Jung, E. S. (2009). The effects of obesity and standing time on postural sway during prolonged quiet standing. *Ergonomics*, 52(8), 977-986.
- Smith, M. D., & Hagman, J. D. (2000). Predicting rifle and pistol marksmanship performance with the Laser Marksmanship Training System. DTIC Document.
- Smith, M. D., & Hagman, J. D. (2003). Using the laser marksmanship training system to predict rifle marksmanship qualification: DTIC Document.
- Su, F. C., Wu, W. L., & Lee, W. D. (2000). Stance Stability in Shooters. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 20(4), 187-192.

- Tang, W. T., Zhang, W. Y., Huang, C. C., Young, M. S., & Hwang, I. S. (2008). Postural tremor and control of the upper limb in air pistol shooters. *Journal of sports sciences*, 26(14), 1579-1587.
- Tharion, W. J., Montain, S. J., Obrien, C., Shippee, R. L., & Hoban, J. L. (1997). Effects of military exercise tasks and a carbohydrate-electrolyte drink on rifle shooting performance in two shooting positions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(1), 31-39.
- Tharion, W. J., Shukitt-Hale, B., & Lieberman, H. R. (2003). Caffeine effects on marksmanship during high-stress military training with 72 hour sleep deprivation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 74(4), 309-314.
- Thompson, T. J., Smith, S., Morey, J. C., & Osborne, A. D. (1980). Effectiveness of improved basic rifle marksmanship training programs: DTIC Document.
- Tierney Jr, T., Cartner, J., & Thompson, T. J. (1979). Basic rifle marksmanship test: Trainee pretest and posttest attitudes: DTIC Document.
- Todorovic, Z. (2010). Shooting science, "pistol shooting". In ISSF. Academy (Ed.), "C" *Coaching Course, 2012, Kuortane*: ISSF.
- Tremayne, P., & Barry, R. J. (2001). Élite pistol shooters: physiological patterning of best vs. worst shots. *International journal of psychophysiology*, 41(1), 19-29.
- Vaez-Mousavi, S., Hashemi-Masoumi, E., & Jalali, S. (2008). Arousal and activation in a sport shooting task. *World Applied Sciences Journal*, 4(6), 824-829.
- Vaez-Musavi, S., Naji, M., & Hassanzadeh, N., (2011). Arousal and activation in a pistol shooting task. *Iranian Journal of Military Medicine*, 12(4), 185-190.
- Vega Coll, N. (2011). *Determinación de una franja de activación óptima en un tirador de carabina* (Trabajo final de master). Universidad Autonoma De Madrid, Madrid.
- Vercruyssen, M., Christina, R. W., & Muller, E. (1989). Relationship of strength and precision in shooting activities. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 32 (18), 1294-1298.

- Vickers, J. N., & Lewinski, W. (2012). Performing under pressure: Gaze control, decision making and shooting performance of elite and rookie police officers. *Human Movement Science*, 31(1), 101-117.
- Vickers, J. N., & Williams, A. M. (2007). Performing under pressure: The effects of physiological arousal, cognitive anxiety, and gaze control in biathlon. *Journal of motor behavior*, 39(5), 381-394.
- Viitasalo, J., Era, P., Kontinen, N., Mononen, K., Mononen, H., Norvapalo, K., & Rintakoski, E. (1999). The posture steadiness of running target shooters of different skill levels. *Kinesiology*, 31, 11.
- Viitasalo, J., Era, P., Mononen, H., Norvapalo, K., & Rintakoski, E. (1998). Effects of footwear on posture control of running target shooters. *Coaching and Sport Science Journal*, 3, 3-6.
- Viitasalo, J. T., Era, P., Kontinen, N., Mononen, H., Mononen, K., & Norvapalo, K. (2001). Effects of 12-week shooting training and mode of feedback on shooting scores among novice shooters. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(6), 362-368.
- Vučković, G., & Dopsaj, M. (2007). Predicting efficiency of situational pistol shooting on the basis of motor abilities of the students of Academy of criminalistic and police studies. *Serbian journal of sports sciences*, 1(1-4), 29-42.
- Vučković, G., Dopsaj, M., Radovanović, R., & Jovanović, A. (2008). Characteristics of shooting efficiency during a basic shooting training program involving police officers of both sexes. *Facta universitatis-series: Physical Education and Sport*, 6(2), 147-157.
- Walmsley, A., & Williams, L. R. (1994). Rapid-fire pistol shooting as a dynamic problem. *Perceptual and Motor Skills*, 78(3 Pt 1), 1019-1024.
- Weineck, J., & Polledo, R. (2005). *Entrenamiento total*. Barcelona: Paidotribo.
- Yuan, C. K., & Lee, Y. H. (1997). Effects of rifle weight and handling length on shooting performance. *Applied Ergonomics*, 28(2), 121-127.

- Zanevskyy, I., Korostylova, Y., & Mykhaylov, V. (2009). Specificity of shooting training with the optoelectronic target. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 11(4), 63-70.
- Zanevskyy, I., Korostylova, Y., & Mykhaylov, V. (2010). Shot Moment in Optoelectronic Training in the Air-Pistol Shooting. *International Journal of Performance Analysis Sport*, 4, 67-78.
- Zanevskyy, I., Korostylova, Y., & Mykhaylov, V. (2012). Aiming point trajectory as an assessment parameter of shooting performance. *Human Movement* 13(3).
- Zatsiorsky, V., & Aktov, A. (1990). Biomechanics of highly precise movements: the aiming process in air rifle shooting. *Journal of biomechanics*, 23, 35-41.
- Zhuang, J. J., Ning, X. B., He, A. J., Zou, M., Sun, B., & Wu, X. H. (2008). Alteration in scaling behavior of short-term heartbeat time series for professional shooting athletes from rest to exercise. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(26), 6553-6557.
- Zok, M., Mazzà, C., & Cappozzo, A. (2008). Should the instructions issued to the subject in traditional static posturography be standardised?. *Medical engineering & physics*, 30(7), 913-916.

11. ANEXOS

Anexo I. Consentimiento informado para el estudio.



CONSENTIMIENTO INFORMADO

D/Dña.....⁽¹⁾ con fecha de nacimiento fecha de
Nacimiento: ____/____/____ edad____ autoriza tomar parte en el estudio “VALIDACION DE UN TEST
SIN LA UTILIZACION DEL ARMA PARA EVALUAR EL EQUILIBRIO”, que tiene como objetivos
principales: a) Evaluar la influencia en el equilibrio estático en el rendimiento deportivo, b) Comprobar la validez y
fiabilidad de un test sin pistola para evaluar el equilibrio.

1. Declaro que he entendido toda la información en relación a la participación en el citado proyecto. He tenido la
oportunidad de debatir y preguntar sobre dicha información y he recibido las respuestas adecuadas por parte de
alguno de los miembros del equipo investigador encargado de este estudio. Soy consciente de que la
participación en el estudio es voluntaria y libre, y que puede abandonarlo en cualquier momento sin mediar
explicación alguna.

2. Libremente decido dar consentimiento para realizar las tomas de datos necesarias para el proyecto, y
posteriormente utilizar estos datos para llevar a cabo la investigación anteriormente citada y publicar los
resultados.

Fecha:

El participante

El investigador

ALTURA				EXPERIENCIA Y MARCA	
PESO				HORAS ENTRENAMIENTO SEMANAL	
DINAMOMETRO				LESIONES	
FMAX				FECHA	

¹ Nombre y apellidos de la persona que autoriza y firma el consentimiento informado