

EL TRABAJO DE FUERZA COMO MECANISMO DE PREVENCIÓN DEL IMPINGEMENT EN EL TIRO CON ARCO

GRADO EN CAFYD

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Sandra Nieva González y Rebeca López López

Grupo TFG: Mix61

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Jaime Gil

Área: Diseño de un estudio experimental

RESUMEN

Introducción: El tiro con arco es un deporte de precisión y repetición. En este deporte se requiere que el deportista permanezca en una posición prácticamente inmóvil durante toda la ejecución, por lo que el control postural es esencial. Al ser de repetición el riesgo de lesión en el hombro por sobreuso está aumentado. Las lesiones suceden por el peso excesivo del arco, la cantidad de flechas disparadas durante el entrenamiento, la falta de fuerza o la técnica incorrecta del tiro. El impingement es una de las lesiones más comunes y una vez el sujeto la padece, la cinética del gesto técnico del tiro con arco se ve afectada provocando además dolor.

Justificación: Como consecuencia de la falta de estudios actualizados de calidad acerca de la relación entre el tiro con arco y programas de fuerza estructurados, junto con la prevalencia de impingement en el mismo se ha decidido realizar este estudio para determinar una herramienta útil a la hora de prevenir lesiones y aumentar la longevidad de la práctica en éste, consiguiendo una metodología de prevención que se pueda aplicar a nivel internacional y que sea específica para un arquero. Aportando información valiosa para entrenadores, preparadores físicos y arqueros ayudándoles a perfeccionar sus programaciones deportivas.

Objetivos e hipótesis: Se plantea que el entrenamiento de fuerza es una herramienta eficaz para prevenir la sintomatología del impingement en arqueros, mejorando la disquinesia escapular y evitando patrones de movimientos alterados en el gesto técnico específico. Asimismo, reduce el déficit de fuerza en los deportistas.

Metodología: Una vez obtenida la muestra tras los criterios de exclusión e inclusión, en este estudio experimental no aleatorizado con una muestra de 19 sujetos DAN se llevará a cabo una intervención de 8 semanas. Los test iniciales y la reevaluación se llevarán a cabo en el CAR de Madrid. Estará compuesto por 4 fases y el posterior análisis de datos con el SPSS Statistics v29.

Equipo investigador: Estará compuesto por 1 investigador principal (en Cafyd y también realiza mediciones), 4 médicos traumatólogos, 2 TD2 de tiro con arco, 3 graduados en CAFYD.

Viabilidad: es viable mediante acuerdos con el CAR de Madrid y becas.

Palabras clave: tiro con arco, impingement, hombro, fuerza, sintomatología.

ABSTRACT

Introduction: Archery is a precision and repetitive sport that requires athletes to maintain an immobile position throughout the execution, making postural control essential. Due to its repetitive nature, the risk of shoulder overuse injuries is increased. Injuries may result from the excessive weight of the bow, the quantity of arrows during a training session, lack of strength, or incorrect shooting technique. Impingement is one of the most common injuries, changing the kinetic chain of the archery technique and causing pain.

Justification: Due to the lack of updated and high-quality studies on the relationship between archery and structured strength training programs, coupled with the prevalence of impingement, this study aims to provide a useful tool for injury prevention and to enhance the longevity of archery practice. The goal is to develop a prevention methodology applicable internationally and specific to archers, offering valuable insights for coaches, fitness trainers, and archers to refine their sports programs.

Objectives and Hypotheses: The study proposes that strength training is an effective tool to prevent impingement symptoms in archers by improving scapular dyskinesia and preventing altered movement patterns in the specific technical gesture. Additionally, it aims to reduce strength deficits in athletes.

Methodology: Following inclusion and exclusion criteria, a non-randomized experimental study will be conducted with a sample of 19 DAN subjects. An 8-week intervention will take place at the Madrid High-Performance Sports Center (CAR), consisting of four phases. Initial tests and reevaluation will be conducted at the CAR, and data analysis will be performed using SPSS Statistics v29.

Research Team: The investigative team includes one principal researcher (specialized in Sports Sciences and involved in measurements), four orthopedic surgeons, two Level 2 archery coaches, and three graduates in Sports Sciences.

Feasibility: Feasibility is assured through agreements with the CAR in Madrid and the provision of scholarships.

Keywords: archery, impingement, shoulder, resistance training, symptomatology

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1.	EL TIRO CON ARCO	6
1.2.	LA ARTICULACIÓN GLENOHUMERAL.....	8
1.3.	EL TRABAJO DE FUERZA	10
2.	JUSTIFICACIÓN	14
3.	OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO	15
3.1.	OBJETIVOS PRINCIPALES	15
3.2.	OBJETIVOS SECUNDARIOS.....	15
3.3.	HIPÓTESIS.....	15
4.	METODOLOGÍA	15
4.1.	DISEÑO	15
4.2.	MUESTRA Y FORMACIÓN DE GRUPOS	15
4.3.	VARIABLES Y MATERIAL DE MEDIDA.....	17
4.3.1.	MEDICIONES RELATIVAS AL HOMBRO	17
4.3.2.	MEDICIONES DEL ARCO.....	18
4.3.3.	MEDICIÓN DE LA FUERZA MÁXIMA	19
4.3.4.	VARIABLES CONTROL	19
4.4.	PROCEDIMIENTO.....	19
4.4.1.	FASE 1: FIRMA DE DOCUMENTOS	19
4.4.2.	FASE 2: DÍA DE LAS MEDICIONES	19
4.4.3.	FASE 3: INTERVENCIÓN	22
4.4.4.	FASE 4: REEVALUACIÓN	22
4.5.	ANÁLISIS DE DATOS.....	24
5.	EQUIPO INVESTIGADOR	24
6.	VIABILIDAD DEL ESTUDIO.....	25
7.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	25
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	26
10.	ANEXOS	31
	ANEXO 1: FIGURAS	31
	ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	33
	ANEXO 3: SPADI TEST EN CASTELLANO	35
	ANEXO 4: TEST DOLOR HOMBRO	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	7
Figura 2.	7
Figura 3.	7
Figura 4.	11
Figura 5.	12
Figura 6.	13
Figura 7.	13
Figura 8.	16
Figura 9.	31
Figura 10.	31
Figura 11.	32
Figura 12.	32
Figura 13.	36
Figura 14.	36
Figura 15.	37
Figura 16.	37

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El tiro con arco

El tiro con arco es un deporte en el que se usa un arco para disparar flechas, forma parte del programa de los JJOO desde 1972 y está compuesto por diferentes disciplinas (tiro con arco en aire libre, tiro con arco en sala, tiro con arco en campo y tiro con arco adaptado) y a su vez por diferentes divisiones (recurvo, compuesto y barebow) (World Archery, s. f.).

Ya que el estudio estará centrado únicamente en división recurvo, se debe tener en cuenta que en aire libre se dispara a una distancia de 70m con una diana de 122cm y en sala se usa la distancia de 18m (World Archery, s. f.).

El deporte requiere que el deportista permanezca en una posición prácticamente inmóvil durante toda la ejecución, por lo que el control postural es esencial. Este mantenimiento depende de la distribución del peso y de la postura corporal, y se suele evaluar y estimar regularmente mediante el uso de plataformas de fuerza (Tinazci, 2011).

El proceso de tiro está compuesto por 8 fases (set, set-up, loading, anchor, transfer, holding, expansion, follow-through) (Lee & Benner, 2019). El deportista comienza colocando los pies a la anchura de los hombros preparándose para comenzar el set, siendo una posición preparatoria antes de levantar el arco en la que se rota el tronco, se agarra la cuerda y se sujeta el arco (Lee & Benner, 2019). El set-up es la posición de preparación con el arco elevado y preparado para abrirse (Lee & Benner, 2019). Tanto la fase de set como la de set-up son fácilmente visualizables en las Figuras 1, 2 y 3. El loading hace referencia al punto de máxima rotación en el que se ha abierto el arco (Lee & Benner, 2019). Anchor es el punto de contacto de la mano con la mandíbula y el cuello y también de la cuerda con la nariz y la barbilla (Lee & Benner, 2019). Tanto la fase de loading como la de anchor se pueden observar fácilmente en las Figuras 2 y 3. La fase de transfer es la transferencia de las fuerzas de las manos a la espalda (Lee & Benner, 2019). Holding es la posición final en la que el codo está por detrás de la línea formada con la flecha y las fuerzas se mantienen con la espalda (Lee & Benner, 2019). La expansión es un movimiento rotacional para llegar al punto máximo de apertura, es importante recalcar que en esta fase sucede la

suelta (los dedos liberan la cuerda para que la flecha pueda salir del arco) (Lee & Benner, 219). Estas tres fases son difíciles de apreciar en las imágenes ya que son movimientos pequeños y casi imperceptibles. El follow-through es una posición final resultante de las fuerzas post suelta. (Lee & Benner, 2019).

Figura 1

Fases del tiro con arco. Visión frontal.

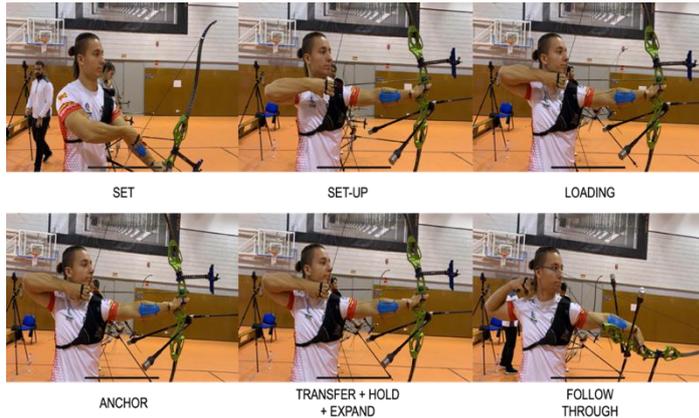


Figura 2

Fases del tiro con arco. Visión superior.

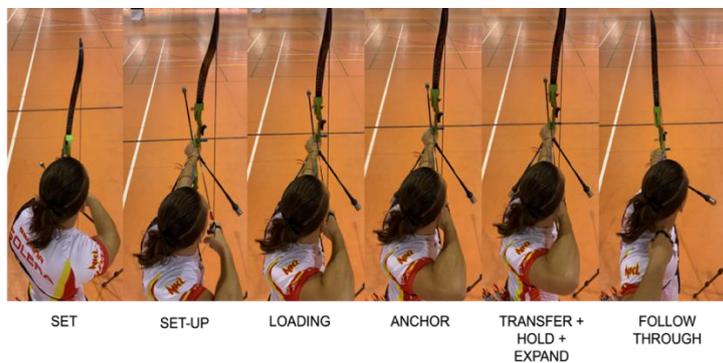
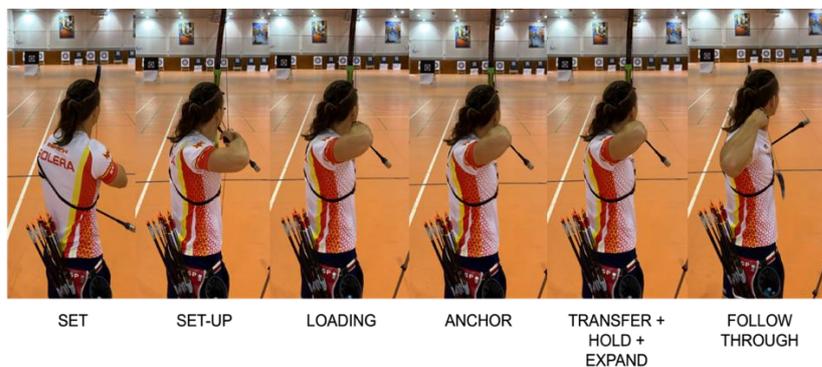


Figura 3

Fases del tiro con arco. Visión trasera.



Durante el análisis del gesto, se detecta una activación del deltoides posterior y del trapecio medio en el lado dominante (lado en el que se agarra la cuerda), hasta alcanzar la posición final (Eroglu Kolayis & Ertan, 2016) con una gran estabilización del cuerpo para poder realizar movimientos óptimos en los segmentos distales (incluido tras la finalización del disparo) (Vendrame et al., 2022).

En lo que concierne a la fuerza del arco (medida en libras) se sostiene que un aumento en la potencia del arco se traducirá en una mayor velocidad para la flecha, lo que resultará en una menor vulnerabilidad de la flecha a la influencia del viento. Este efecto se traduce en una mayor precisión, especialmente a distancias largas, como en el caso de 70 metros (Stanley, 2018).

Hay ciertas variables que son medibles mediante acelerómetros tales como el Mantis X8, estos sistemas siguen el movimiento del arco durante todo el proceso de tiro, este dispositivo es de gran utilidad ya que permite comparar diferentes disparos y valorar la regularidad y posible variabilidad entre ellos (permitiendo detectar valores atípicos) (Mantis Archery, s. f.).

1.2. La articulación glenohumeral

En cuanto a la lesión más común de este deporte en el hombro se encuentra las que son por sobreuso, en concreto en el lado dominante o lado de cuerda (Gimigliano et al., 2021). El motivo de la localización y el tipo de lesión es como consecuencia del patrón de movimiento típico de este deporte, ya que intervienen principalmente músculos y articulaciones tanto del hombro como del brazo en general. (Niestroj et al., 2018).

Por otro lado, la carga asimétrica genera sobrecarga unilateral (Niestroj et al., 2018). El riesgo de lesiones por sobreuso es principalmente por el efecto que produce el peso excesivo del arco, la cantidad de flechas disparadas durante el entrenamiento, la falta de fuerza o la técnica incorrecta del tiro. (Niestroj et al., 2018).

La articulación glenohumeral está predispuesta a la inestabilidad ya que tiene limitada la restricción ósea y la alineación es dependiente de estructuras blandas, tanto activas como pasivas (Fox et al., 2021). Las lesiones de hombro pueden

surgir como resultado de esfuerzos repetitivos, los cuales no necesariamente implican cargas elevadas (Liaghat et al., 2023)

Según Neer (1972) el síndrome de pinzamiento es el diagnóstico más común cuando se evalúa el dolor de hombro y dentro del tiro con arco, es una de las lesiones más frecuentes en este deporte (Grover & Sinha, 2017). Además, se piensa que el pinzamiento subacromial es la causa principal de desgarramiento del manguito rotador (Flores et al., 2020).

Los autores Horowitz & Aibinder (2023) aseveran que este pinzamiento subacromial se provoca por la combinación de causas extrínsecas e intrínsecas. La compresión externa del manguito rotador se genera por el espacio limitado que hay entre la cabeza humeral y el acromion, los ligamentos coracoacromial y la articulación acromioclavicular. (Horowitz & Aibinder, 2023)

El deterioro del tendón supraespinoso produce un exceso de carga en el manguito de los rotadores, en consecuencia, se genera inestabilidad de la articulación glenohumeral y migración superior de la cabeza del húmero (Horowitz & Aibinder, 2023). Esto produce el espolón y finalmente el pinzamiento subacromial (Horowitz & Aibinder, 2023). Debe considerarse que algunos de los factores de riesgo asociados son la falta de fuerza y la presencia de discinesia escapular (Hoppe et al., 2022).

La estabilidad del hombro se ve respaldada por la colaboración de la escápula, ya que trabaja en conjunto con el manguito rotador para regular y transferir fuerza a las articulaciones glenohumeral y escapulotorácica (Longo et al., 2023). Además, desempeña un papel crucial en mantener la integridad estructural del hombro al limitar la traslación excesiva durante los movimientos tridimensionales (Longo et al., 2023).

El término "discinesia escapular" se refiere a la pérdida de la funcionalidad normal de la escápula (Longo et al., 2023). Las alteraciones en el movimiento y la posición de reposo de la escápula son evidentes en individuos con problemas en el hombro, como desgarramientos del manguito rotador o del labrum, impingement e inestabilidad en la articulación glenohumeral (Longo et al., 2023). Como resultado de esta condición, los músculos de la cintura escapulotorácica se

activan para contrarrestar el movimiento alterado de la escápula, dando lugar a patrones alterados. (Longo et al., 2023)

La cinética del gesto técnico del tiro con arco se ve afectada en individuos que padecen pinzamiento subacromial, ya que se observan mayores ángulos de elevación escapular, menor ángulo de flexión del codo y extensión horizontal reducida (Shinohara et al., 2014).

Flores et al., (2020) informan que, para diagnosticar el pinzamiento subacromial (impingement), se suele realizar de manera clínica, valorando el rango de movimiento. En las pruebas de imagen se incluyen entesopatía y engrosamiento en la unión del ligamento coracoacromial y artrosis de la articulación acromioclavicular (Flores et al.,2020). El hallazgo más característico de esta lesión es el osteofito acromial anterior, pero se desarrolla tarde en el proceso. (Flores et al.,2020).

Además, conviene saber que el trabajo de fuerza en el manguito rotador del hombro conlleva una disminución de los desequilibrios musculares en la articulación, mejorando también la fuerza en este segmento, siendo beneficioso para deportes que involucran patrones de movimiento por encima de la cabeza. (Niederbracht et al., 2008).

Según Kim et al., (2018), las principales características que presenta la musculatura del hombro en un arquero de élite son: grupo aductor más fuerte en el hombro del arco además de mejor grupo extensor en ambos hombros, en comparación con individuos no deportistas sanos. Estos grupos musculares del hombro presentan un papel importante tanto para la precisión como la estabilidad durante el tiro con arco (Kim et al., 2018). Por lo tanto, un programa de entrenamiento de fuerza que mejore específicamente los músculos aductores y extensores sería de gran utilidad con el fin de mejorar el rendimiento en arquería (Kim et al., 2018).

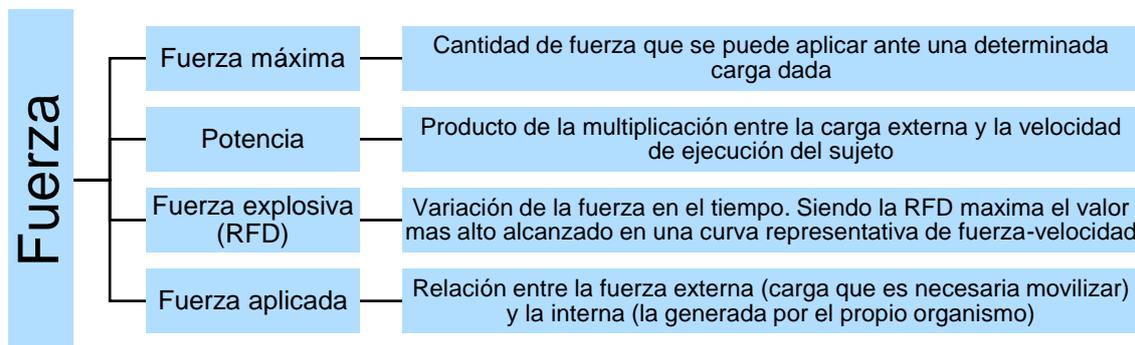
1.3. El trabajo de fuerza

Siguiendo el sistema de clasificación de Juan José González Badillo, según las manifestaciones de fuerza, el tiro con arco es un deporte de demandas bajas de fuerza (González-Badillo & Ribas Serna, 2014). En este deporte, la cantidad de fuerza aplicada (manifestación detallada en la Figura 4) no se caracteriza por ser

significativamente alta, por lo que el entrenamiento de forma general está estructurado en un mínimo de tres repeticiones por serie, con un máximo alcanzable del 80% de la RM (solamente en las primeras fases del entrenamiento de la fuerza) con la mayor transferencia al gesto deportivo (ya nombrado anteriormente); esto se realizará con variaciones en la intensidad y el número de sesiones en función del momento de la temporada en el que se encuentre el sujeto (González-Badillo & Ribas Serna, 2014).

Figura 4

Esquema resumen de la clasificación de la fuerza.



Nota. Esquema resumen en el que se realiza una clasificación básica de las manifestaciones de la fuerza. Adaptado del texto original "Entrenamiento de fuerza: Nuevas perspectivas metodológicas" de Balsalobre-Fernández & Jiménez-Reyes, 2014, p.14-18.

La manera más eficaz para medir la intensidad del entrenamiento es la VMP (velocidad media propulsiva), ya que este mecanismo de medición es el que aporta información más precisa para medir la intensidad de los estímulos que se pretende aplicar a un sujeto si se compara con la medición del 1RM de forma directa (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010).

Asimismo, la pérdida de velocidad es un dato objetivo para detectar la fatiga del sujeto (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2011); normalmente se establece entre un 10-20% de pérdida de velocidad a la hora de detener la serie ya que, aunque tiene prácticamente iguales resultados que la pérdida del 40% se observa que este protocolo es más eficiente debido a que se genera menos fatiga para obtener un mismo resultado (Calbet et al., 2017).

Con el paradigma expuesto por González-Badillo acerca de la medición de la velocidad de ejecución aparece el concepto de déficit de fuerza (González-Badillo & Ribas Serna, 2014).

La fuerza máxima depende del tiempo disponible que tiene el sujeto para aplicar fuerza o de la velocidad a la que se desplaza la carga (ambas son dependientes de la carga que se debe desplazar), por consiguiente, se puede aseverar que la fuerza aplicada depende de la carga; por tanto, aparecen un número de picos de carga correspondiente al número de cargas al que es sometido el sujeto.

Dentro de esos picos, el que sea de mayor amplitud será la RM (ya que a cuanto más carga se someta al sujeto más fuerza es posible aplicar).

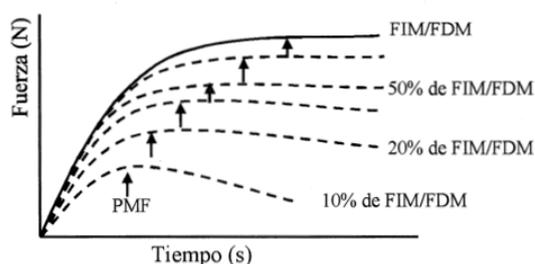
Por ello, el déficit de fuerza es el término que hace referencia a la diferencia entre la 1RM y las cargas submáximas. Es decir, el sujeto debería ser capaz de aplicar la misma fuerza con cualquier porcentaje de la carga del 1RM. (González-Badillo & Ribas Serna, 2014)

Todo trabajo de fuerza va destinado a la reducción del déficit de fuerza, es decir, a mejorar la curva fuerza-tiempo y la curva fuerza-velocidad (Gonzalez-Badillo & Ribas Serna, 2014).

La curva fuerza-tiempo como se observa en la Figura 5, sufre una mejora cuando ésta se desplaza hacia la izquierda, es decir, se produce la misma fuerza, pero en menos tiempo o bien se produce más fuerza en el mismo tiempo (Gonzalez-Badillo & Ribas Serna, 2014). Por el contrario, una mejoría en la curva fuerza-velocidad (visualizable en la Figura 6) se observaría mediante un desplazamiento a la derecha ya que la misma carga se desplaza a mayor velocidad o bien que a la misma velocidad se consigue desplazar una mayor carga. Ambas se encuentran íntimamente relacionadas (cualquier mejoría en una de las dos curvas tendrá una repercusión positiva en la otra) (González-Badillo & Ribas Serna, 2014).

Figura 5

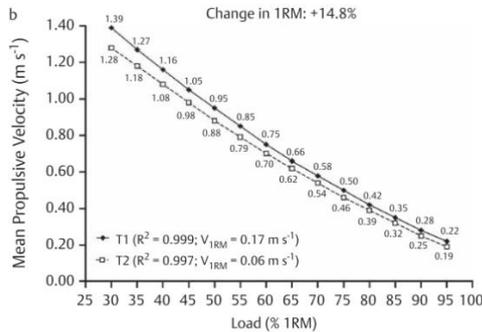
Curva fuerza-tiempo



Nota. Relación entre el tiempo y la fuerza con representación de la FDM. Recuperado de “Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza” de González-Badillo & Ribas Serna, 2014.

Figura 6

Curva relación carga velocidad



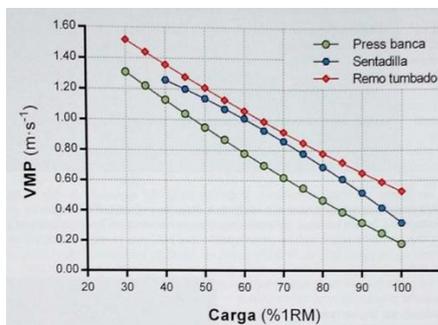
Nota. Relación entre los porcentajes de la RM y las correspondientes velocidades antes (línea discontinua) y después (línea continua) recuperado de "Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training" de González Badillo y Sánchez Medina, 2010, *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

Gracias a González-Badillo et al., (2017) se puede observar como la relación carga-velocidad es diferente para cada ejercicio y que la velocidad media propulsiva de la primera repetición es la que debería utilizarse siempre a la hora de programar, dosificar y evaluar la carga de entrenamiento y rendimiento de los deportistas.

Como se puede observar en la Figura 7, la velocidad media propulsiva disminuye según se aumenta la carga tanto en el press banca como en el remo tumbado. Conviene saber que la pérdida de velocidad es un indicador altamente fiable para estimar la fatiga (Edman, 1992; Allen et al., 2008).

Figura 7

Relación carga-velocidad.



Nota. Relación carga-velocidad en tres ejercicios de entrenamiento habituales: press banca, sentadilla completa y remo tumbado. de "La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza" de González Badillo y Sánchez Medina, 2010; Sánchez Medina et al., 2014, 2017.

Es importante saber que, cuando el número de repeticiones por serie se acerca a las máximas posibles, se genera un gran estrés metabólico que en consecuencia incrementaría el tiempo de recuperación necesario tras el entrenamiento (Sánchez Medina y González Badillo, 2011). Si esto se repitiese continuamente en el tiempo, podría provocar una reducción crónica del ATP del músculo (Statchis et al., 1999). No es aconsejable realizar entrenamientos en los que se generan pérdidas superiores a las adecuadas en cada ejercicio, ya que si no se tiene mayor riesgo de fatiga crónica o excesiva además de perjudicar los procesos de adaptación y disminuir el rendimiento físico (González-Badillo et al., 2017).

2. JUSTIFICACIÓN

Como consecuencia de la falta de estudios actualizados de calidad acerca de la relación entre el tiro con arco y programas de fuerza estructurados, junto con la prevalencia de impingement en el mismo, se ha decidido realizar este estudio para determinar una herramienta útil a la hora de prevenir lesiones y aumentar la longevidad de la práctica en éste. Si se consulta la base de datos de la Real Federación Española de Tiro con Arco a año 2021 se observa que cuenta con más de 16.839 licencias federativas (RFETA, 2021), y ya que el deporte cuenta con un alto índice lesional de hombro un porcentaje tiene que dejar de competir por la lesión mencionada anteriormente.

Lo que se busca con este estudio es conseguir una metodología de prevención que se pueda aplicar a nivel internacional y que sea específica para un arquero. Por tanto, esta investigación puede aportar información valiosa para entrenadores, preparadores físicos y arqueros ayudándoles a perfeccionar sus programaciones deportivas y alcanzar los objetivos planteados con los deportistas.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

3.1. Objetivos principales

Analizar el efecto del entrenamiento de fuerza en arqueros como mecanismo de prevención de la sintomatología del impingement en el tiro con arco.

3.2. Objetivos secundarios

Analizar los cambios en la disquinesia escapular en los deportistas.

Analizar el efecto del entrenamiento de fuerza para reducir el déficit de fuerza en los deportistas.

Evaluar el efecto del entrenamiento de fuerza para el aumento de potencia del arco.

3.3. Hipótesis

El entrenamiento de fuerza es una herramienta eficaz para prevenir la sintomatología del impingement en arqueros.

El trabajo de fuerza mejora la disquinesia escapular evitando patrones de movimientos alterados en el gesto técnico específico.

El entrenamiento de fuerza reduce el déficit de fuerza en los deportistas.

4. METODOLOGÍA

4.1. Diseño

El estudio es experimental no aleatorizado ya que se pretende que todos los sujetos realicen la intervención. Todas las intervenciones estarán supervisadas por los preparadores físicos de los correspondientes grupos.

4.2. Muestra y formación de grupos

La muestra estará formada por deportistas de alto nivel (DAN) actualmente certificados mediante el BOE usando el buscador de deportistas de alto nivel (CSD, s. f.-b) siendo aún activos en el deporte y siguiendo los criterios de inclusión y exclusión mostrados a continuación. Por tanto, la muestra final se

compone de 19 (11 hombres y 8 mujeres) sujetos como se puede observar en la Figura 8.

Figura 8

Diagrama del tamaño muestral



Criterios de inclusión:

- Presentar un consentimiento informado en el que se autoriza la participación en el estudio y en caso de ser menor estar autorizado por padre/madre/tutor (visualizable en el Anexo 2).
- Ser deportista DAN actualmente.
- Los sujetos no deben presentar sintomatología que les impida la actividad deportiva en el momento del inicio de la intervención.
- Los sujetos deben ser mayores de 14 años.
- Que los deportistas tiren al menos 800 flechas semanales.
- La única división admitida en el estudio será la de recurvo.

Criterios de exclusión:

- Haberse sometido a cirugía de hombro y/o torácica.
- Lesión musculoesquelética activa que le impida la correcta realización de la intervención.

Para poder realizar el estudio es necesario la aprobación del Comité Ético del Hospital Clínico San Carlos cumpliendo además la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013) y con un seguro de responsabilidad civil.

4.3. Variables y material de medida

4.3.1. Mediciones relativas al hombro

Para dar respuesta al objetivo principal se debe valorar el dolor del hombro. En primer lugar, se medirá el dolor de hombro con el SPADI test (Roy et al., 2009) traducido al castellano (Ver Anexo 3), con esta variable pretendemos saber si el sujeto presenta sintomatología antes y después de la intervención. Esta variable es dependiente cuantitativa continua ya que muestra un resultado en porcentajes (siendo el 100 el peor resultado y 0 el mejor). Para calcular el porcentaje de dolor se dividirá el número obtenido en ese apartado del test entre 50 y el resultado se multiplicará por 100; para calcular el grado de discapacidad se dividirá el número obtenido en ese apartado del test entre 80 y se multiplicará por 100. Cumplimentar el cuestionario tiene una duración de 3 minutos.

En segundo lugar, se les realizará una serie de test de hombro a los sujetos. Ya que el resultado es o bien negativo o positivo la variable es dependiente cualitativa nominal. Hay numerosos test para analizar si el paciente presenta impingement pero se van a realizar los que presentan mayor validez. Entre ellos se encuentran: Neer test, Hawkins-Kennedy y Speed test, se pueden ver imágenes de ellos en el Anexo 4.

El Neer test presenta una sensibilidad del 79% (Tyagi et al., 2020) mientras que el Speed Test presenta sensibilidad del 60% (Grover & Sinha, 2017). Sin embargo, según Ferenczi et al., (2018), el Test de Hawkins es mejor para la práctica clínica y presenta una sensibilidad del 80% por lo que es la mejor opción a la hora de valorar si el paciente presenta impingement (Grover & Sinha, 2017).

Para dar respuesta al objetivo secundario acerca de la disquinesia escapular se realizará el: “scapular dyskinesis test yes-no classification” estandarizado por McClure et al. (2009) y validado por diversos autores como es el caso de Ramiscal et al. (2022).

La variable de discinesia ya que muestra un valor de sí o no se puede aseverar que es dependiente cualitativa nominal.

4.3.2. Mediciones del arco

Para dar respuesta al objetivo secundario que evalúa el efecto del entrenamiento de fuerza para el aumento de potencia del arco está debe medirse con un medidor de potencia, en este caso con el Last Chance HS4 (Last Chance Archery, s. f.) (Figura 9, situado en Anexo 1), la medición se hará en libras (ya que en los arcos la potencia está marcada en esta unidad), el dispositivo en sí no es un estudio de validación científica, pero es el único capaz de medir la potencia de forma fiable. Esta variable es dependiente cuantitativa continua ya que está medida numéricamente con decimales, aunque es cierto que solo se podrá alcanzar un máximo de 60 libras ya que es el máximo permitido por la World Archery (World Archery, 2023).

Para ello, se harán 2 mediciones en las que el medidor se colocará en el arco con una flecha puesta. Se determinará la potencia final cuando la flecha haga saltar el clicker. Esta fase durará 15 minutos totales.

Asimismo, para poder determinar la variabilidad entre flechas y el temblor se les solicitará a los deportistas la realización de un control de 60 flechas a 18m con la diana triple vertical y 120 segundos para cada tanda de 3 flechas. Este control se hará utilizando el sensor inercial compuesto por acelerómetro, giroscopio y magnetómetro (MEMS) Mantis X8 colocado en el visor (Figura 10, situada en Anexo 1), que, aunque no tiene un estudio de validación científica en el propio tiro con arco pero sí se encuentra utilidad en otros deportes individuales (S. E. Kim et al., 2023). En el caso del Mantis X8 ofrece datos en porcentajes del 0 al 100 en cuanto al dato de estabilidad (movimiento que hace el deportista al apuntar), siendo mejor cuanto más alto sea se puede determinar que es una variable cuantitativa continua ya que ofrece decimales (Figura 11, situada en Anexo 1). Para poder usar el Mantis X8 es necesario contar con una tablet.

Lo primero que se realizará es la medición de la potencia, con una duración total de 15 minutos, realizado por un técnico deportivo nivel 2 del tiro con arco (TD2). A continuación, se procederá a realizar el control con una estimación de una hora y media.

4.3.3. Medición de la fuerza máxima

Para la medición de los valores de fuerza se usará el encoder Chronojump (Balsalobre-Fernández et al., 2019). La medición de la fuerza mediante encoder esta validada por diversos autores (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010) y este dispositivo es fiable para realizar las mediciones.

La fuerza es una variable dependiente, cuantitativa continua discreta.

Para medir el press banca los sujetos van a realizar el protocolo de Balsalobre-Fernández et al., (2019)

Para medir remo tumbado se seguirá el mismo protocolo propuesto por Balsalobre-Fernández et al., (2019) ya que ambos ejercicios se ejecutan en el mismo plano teniendo en cuenta las peculiaridades de este ejercicio tal como se observa en la Figura 7.

Previamente a la realización de los test se realizarán 2 semanas de familiarización con el gesto técnico de los ejercicios y con las pruebas a realizar supervisados por el preparador físico correspondiente.

4.3.4. Variables control

Las variables que pueden afectar al estudio son el sexo, la edad, la dieta, la variabilidad en el dolor, correcto ajuste del arco, las horas de sueño y la percepción de descanso y la composición corporal de los sujetos.

4.4. Procedimiento

4.4.1. Fase 1: firma de documentos

Se les mandará a los sujetos el consentimiento informado una semana antes del inicio de la intervención por correo electrónico. Ningún sujeto podrá participar si no tiene este documento cumplimentado. La duración de esta fase es de 5 minutos.

4.4.2. Fase 2: día de las mediciones

El test inicial se realizará en las instalaciones del CAR de Madrid la primera semana de septiembre ya que todos los deportistas están en pretemporada. Los

sujetos se dividirán en 4 grupos de 5 personas. La segunda medición se realizará después de la intervención (Fase 3).

Dentro del entrenamiento de fuerza correspondiente para los arqueros, dos ejercicios básicos de su entrenamiento son el press banca y el remo tumbado ya que simulan el movimiento de tracción del brazo cuerda (dominante) y el movimiento de empuje del brazo de arco (no dominante) y, por tanto, son ejercicios específicos para este deporte.

La sesión de fuerza se organizará de la siguiente manera con duración de 1 hora:

- **Calentamiento:** cómo se puede observar en la Tabla 1 se incluirán ejercicios de movilidad articular y de trabajo con gomas previo a realizar los ejercicios propios de la sesión. El tiempo que se dedicará al calentamiento será de 10-15 minutos y se centrará en preparar el miembro superior, incluyendo movilidad escapular, dorsal y del hombro. No obstante, es importante incluir en el calentamiento el miembro inferior. Estará dirigido por un preparador físico.
- **Parte principal:**

La medición de la fuerza: consistirá en una medición de los valores de fuerza en press banca y remo tumbado. La sesión comenzará a las 10 am en el gimnasio utilizado habitualmente por los arqueros del CAR de Madrid. Para la medición se usará el encoder Chronojump (Balsalobre-Fernández et al., 2019).

- Para medir el press banca los sujetos deben realizar 3 repeticiones con 5 cargas incrementales (45–55–65–75–85% 1RM) en un banco de press banca marca Life Fitness usando barra olímpica y discos de la misma marca. El descanso entre series será de 4 min. (Balsalobre-Fernández et al., 2019). Se sabe que se ha alcanzado el 85% 1RM ya que la velocidad corresponde a $0,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- Para medir remo tumbado los sujetos deben realizar 3 repeticiones con 5 cargas incrementales (45–55–65–75–85% 1RM) en un banco de remo tumbado de banca marca Life Fitness usando barra olímpica y discos de la misma marca. El descanso entre series será de 4 min. Se sabe que se ha alcanzado el 85% 1RM ya que la velocidad corresponde a $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Las mediciones del arco se organizarán de la siguiente manera en el campo de tiro en sala del CAR de Madrid:

- Medición de la potencia de los deportistas.
- A continuación, se realizará el control de 60 flechas a 18m.

Las mediciones del hombro se organizarán de la siguiente forma en la oficina de tiro con arco en el CAR de Madrid:

En primer lugar, se realizará el cuestionario SPADI test con duración de 3 minutos.

En segundo lugar, se les realizará las pruebas de dolor con duración de 40 minutos:

- Neer test: consiste en una primera parte en la cual se estabiliza la escápula del paciente y se levanta el brazo en flexión completa de hombro (Neer, 1983). Se consideraba positivo si apareciese dolor al realizar este movimiento (Neer, 1983). La segunda parte de la prueba consiste en una inyección de xilocaína para disminuir el dolor y diferenciar las lesiones de pinzamiento con otras causas de dolor en el hombro (Neer 1983).
- Hawkins-Kennedy: consiste en flexionar el hombro a 90° junto con rotación interna (Hawkins y Kennedy, 1980). Se considera positivo si se reproduce el dolor del pinzamiento (Hawkins y Kennedy, 1980).
- Speed test: el paciente intenta elevar el hombro contra resistencia con flexión de hombro a 90° mientras el codo lo mantiene extendido y el antebrazo supinado (Cotter et al., 2018). Si el paciente presenta dolor en la cara anterior del hombro se considera positivo.

El más fiable a la hora de realizar la valoración es el Hawkins-Kenedy por lo que es el que se tendrá más en cuenta, aunque se realizarán los tres con el fin de obtener más resultados con los que comparar.

En tercer lugar: se realizará el “scapular dyskinesis test yes-no classification”. Para ello, utilizando un metrónomo a una velocidad de 60 lpm sin camiseta (las mujeres en sujetador deportivo), los participantes deben realizar cinco repeticiones consecutivas de flexión bilateral activa del hombro, con un ángulo de 120°, sin detenerse, utilizando mancuernas ajustadas al peso corporal. Siendo de 1.4 kg o 3 lb para aquellos sujetos con un peso inferior a 68.1 kg y de 2.3 kg o 5 lb para aquellos que superan los 68.1 kg. Para visualizar el procedimiento visualizar la Figura 15 en el Anexo 4.

Se determina que la prueba es positiva (yes) si se encuentra una de las siguientes anomalías del movimiento en cualquiera de los hombros:

- Disritmia: la escápula presenta una elevación o protracción prematura o excesiva, movimiento irregular durante la elevación o descenso del brazo, o bien un movimiento rápido rotacional hacia abajo durante el descenso del brazo.
- Escapula alada: se evidencia un desplazamiento posterior del borde medial o ángulo inferior de la escápula desde la parte posterior del tórax.

Se determina que la prueba es negativa sí el movimiento es armónico y no se encuentran anomalías (Ramiscal et al., 2022).

La duración de esta fase 2 será en total de 4 horas aproximadamente.

4.4.3. Fase 3: intervención

La intervención la deben realizar los deportistas en sus centros propios con la supervisión de sus preparadores físicos durante 8 semanas.

Las mediciones se harán con los encoder Chronojump facilitados por el equipo de investigación. Para ello será necesario contar con una banca para poder realizar press banca, un banco para remo tumbado, y mancuernas de diversos pesos para poder realizar los otros ejercicios (visualizar en Tabla 1).

Siguiendo el paradigma de González-Badillo et al., (2017) la velocidad media propulsiva de la primera repetición es la que se utilizará para programar la carga y se adaptarán de forma diaria.

Tanto press banca como remo tumbado son los únicos ejercicios medidos con pérdida de velocidad ya que son específicos para el tiro con arco, el resto serán medidos mediante el carácter del esfuerzo (CE o RIR) tal como proponen Hernández-Belmonte et al., (2021).

4.4.4. Fase 4: reevaluación

Se repetirán las mediciones realizadas durante la fase 2 para valorar si ha habido cambios significativos en los deportistas tras la intervención del entrenamiento de fuerza tras las 8 semanas de intervención.

La línea temporal de todas las fases queda reflejada en la Figura 12 situada en el Anexo 1.

Tabla 1

Semana tipo

SEMANA TIPO								
CALENTAMIENTO		PARTE PRINCIPAL						
DURACIÓN:10'  GOMAS		L	M	X	J	V	S	D
		<p>EMPUJES CON PÉRDIDA 10% VELOCIDAD</p> <p>1.PRESS BANCA 4x8(65%RM(0,65 m-s-1)hasta pérdida del 10% velocidad (0,55 m-s⁻¹)/4'</p> <p>2.PRESS HOMBRO DE PIE 4x4(RIR 12)/4'</p> <p>3.EXTENSIÓN TRICEPS POLEA ALTA CON AGARRE EN PRONO 4x5(RIR 14)/4'</p> <p>4.ELEVACIONES UNILATERALES 4X4(RIR 10)/4'</p>	<p>PIERNA DOMINANTE RODILLA</p> <p>TODOS HASTA PÉRDIDA 10% VELOCIDAD</p> <p>1.SENTADILL A 3x5(RIR14)/4'</p> <p>2.PRENSA 3x4(RIR15)/4'</p> <p>3.BÚLGARA 3x5(RIR14)/4'</p>	<p>COMPENS ATORIO</p> <p>Con el preparador físico</p>	<p>TRACCIÓN CON PÉRDIDA 10% VELOCIDAD</p> <p>1.REMO TUMBADO 4x10(70%RM (0,85 m-s-1) hasta pérdida del 10% de la velocidad (0,75 m-s⁻¹)/4'</p> <p>2.DOMINADAS 4x4(RIR10)/4'</p> <p>3.JALÓN 3x5(RIR12)/4'</p> <p>4.BÍCEPS POLEA 4x7(RIR13)/4'</p>	<p>COMPENS ATORIO</p> <p>Con el preparador físico</p>	<p>PIERNA DOMINANTE CADERA CON PÉRDIDA 10% VELOCIDAD</p> <p>1.PESO MUERTO 3x5(RIR14)</p> <p>2.HIP THRUST 3x5 (RIR14)</p> <p>3.GOOD MORNING 3x4(RIR13)</p>	DESCANSO
								

4.5. Análisis de datos

Para realizar el análisis de datos de los resultados se utilizará el software estadístico IBM SPSS Statistics v29 (Inc., Armonk, NY, USA).

En primer lugar, se procederá a determinar los estadísticos descriptivos en función del tipo de variable.

Para el análisis de las variables del dolor (resultados de test de hombro y de disquinesia) al ser una variable cualitativa se obtendrán variables de frecuencia absoluta y frecuencia relativa. De igual forma, obtendremos la moda como medida de tendencia central.

Para las variables cuantitativas (fuerza máxima, potencia del arco, temblor, resultados del cuestionario de dolor) se obtendrá la media y la mediana como variables de tendencia central; la desviación típica, la varianza y el rango total para obtener información acerca de las medidas de variabilidad.

Una vez obtenidos estos datos, con ellos se procederá a determinar la distribución de las variables para determinar si éstas son paramétricas o no paramétricas usando la prueba de Kolmogorov Smirnov.

Para la estadística inferencial de las variables cuantitativas se usará la Correlación de Pearson (en caso de que las variables sean paramétricas) o bien la Correlación de Spearman (en caso de variables no paramétricas) para obtener la asociación de variables para evaluar el objetivo principal.

Además, para evaluar las medidas cuantitativas relacionados con los valores de fuerza (para determinar si ha habido mejoría en el déficit de fuerza) y el aumento de potencia del arco se realizará la prueba de ANOVA de medidas repetidas (en caso de una distribución normal) o Friedman (en caso de distribución no normal).

En el caso de la evaluación en los cambios de la disquinesia escapular se usará la prueba de Mc Nemar.

5. EQUIPO INVESTIGADOR

Para una correcta ejecución de la intervención se contará con un equipo investigador cualificado compuesto por 1 investigador principal (que a su vez es graduado en Cafyd y también realiza mediciones), 1 médico traumatólogo, 2 TD2 de tiro con arco, 3 graduados en CAFYD (uno de ellos es especialista en el

análisis de datos). De igual forma, los preparadores físicos de los deportistas estarán para la supervisión de la intervención.

6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

La financiación del estudio se llevará a cabo llegando a acuerdos y con la solicitud de becas. Además, se hará en colaboración con la RFETA por interés hacia el tema.

Se llegará a un acuerdo con los dos TD2 (entrenador) del CAR de Madrid de tiro con arco para usar sus instalaciones. Esto reducirá los costes del estudio y se garantizará instalaciones seguras para la práctica deportiva. Cederán el gimnasio, la oficina y el campo de tiro en sala para la evaluación y la reevaluación. Los dos TD2 serán participes del estudio y se les incluirá como co-autores del estudio.

Para la solicitud de becas se pedirá la ayuda para la investigación al CSD de 42.000€ correspondiente al programa 336^a. Este dinero irá destinado a la impresión de los cuestionarios, la compra de los encoder Chronojump (4 uds.) y de los Mantis X8 (5 uds.). Asimismo, para pagar los sueldos de los investigadores. (CSD, s. f.-a)

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La muestra es escasa por ausencia de deportistas de alto nivel en España y para el estudio es esencial que éstos tengan recorrido internacional, por lo que la muestra está compuesta por el máximo de deportistas posible. Asimismo, como son 11 hombres y 8 mujeres no se puede hacer discriminación en cuanto a sintomatología por sexo.

El uso del sensor inercial compuesto por acelerómetro, giroscopio y magnetómetro (MEMS) Mantis X8 o tiene un estudio de validación propia, pero es el único dispositivo disponible para la detección del movimiento del visor del deportista.

El medidor de potencia Last Chance HS4 no tiene estudio de validez científica, pero es el dispositivo de mayor calidad para poder medir la potencia del arco de forma segura ya que no daña la cuerda y no hay riesgo de rotura.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Balsalobre-Fernández, C., Delgado-García, G., García-Ramos, A., Garrido-Blanca, G., Pérez-Castilla, A., & Piepoli, A. (2019). Precision of 7 commercially available devices for predicting bench-press 1-repetition maximum from the individual load–velocity relationship. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1442-1446. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0801>
- Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). *Entrenamiento de fuerza: Nuevas perspectivas metodológicas* (1.^a ed.).
- Calbet, J. A. L., Dorado, C., González-Badillo, J. J., Mora-Custodio, R., Morales-Alamo, D., Pareja-Blanco, F., Pérez-Suárez, I., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., & Yáñez-García, J. M. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724-735. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>
- CSD. (s. f.-a). *Ayudas para la investigación*. Recuperado 3 de diciembre de 2023, de <https://sede.csd.gob.es/oficinavirtual/FichaTramite.aspx?idProcedimiento=117>
- CSD. (s. f.-b). *Buscador de deportistas de Alto Nivel*. Recuperado 10 de noviembre de 2023, de <https://www.csd.gob.es/es/alta-competicion/deporte-de-alto-nivel-y-alto-rendimiento/deportistas-de-alto-nivel-y-alto-rendimiento/deportistas-de-alto-6>
- Denisse Champin Michelena. (2006). Painful shoulder at the internist. *Rev. Per. Med. Inter.*, 19(1).
- Eroglu Kolayis, İ., & Ertan, H. (2016). Differences in Activation Patterns of Shoulder Girdle Muscles in Recurve Archers. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 7(1).
- Flores, D. V., Goes, P. K., Gómez, C. M., Umpire, D. F., & Pathria, M. N. (2020). Imaging of the acromioclavicular joint: Anatomy, function, pathologic features, and treatment. *Radiographics*, 40(5), 1355-1382. <https://doi.org/10.1148/rg.2020200039>

- Fox, A. J. S., Fox, O. J. K., Schär, M. O., Chaudhury, S., Warren, R. F., & Rodeo, S. A. (2021). The glenohumeral ligaments: Superior, middle, and inferior: Anatomy, biomechanics, injury, and diagnosis. En *Clinical Anatomy* (Vol. 34, Número 2, pp. 283-296). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/ca.23717>
- Gimigliano, F., Resmini, G., Moretti, A., Aulicino, M., Gargiulo, F., Gimigliano, A., Liguori, S., Paoletta, M., & Iolascon, G. (2021). Epidemiology of musculoskeletal injuries in adult athletes: A scoping review. En *Medicina (Lithuania)* (Vol. 57, Número 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/medicina57101118>
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Ribas Serna, J. (2014). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (2.^a ed.). INDE Publicaciones.
- González-Badillo, J. J., Sánchez Medina, L., Pareja Blanco, F., & Rodríguez Rosell, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza* (1.^a ed.).
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213f880>
- Grover, J. K., & Sinha, A. G. K. (2017). Prevalence of shoulder pain in competitive archery. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(1). <https://doi.org/10.5812/asjasm.40971>
- Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Conesa-Ros, E., Martínez-Cava, A., & Pallarés, J. G. (2021). *Level of Effort: A Reliable and Practical Alternative to the Velocity-Based Approach for Monitoring Resistance Training*. www.nscs.com
- Hoppe, M. W., Brochhagen, J., Tischer, T., Beitzel, K., Seil, R., & Grim, C. (2022). Risk factors and prevention strategies for shoulder injuries in overhead sports: an updated systematic review. En *Journal of Experimental*

- Orthopaedics* (Vol. 9, Número 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40634-022-00493-9>
- Horowitz, E. H., & Aibinder, W. R. (2023). Shoulder Impingement Syndrome. En *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* (Vol. 34, Número 2, pp. 311-334). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2022.12.001>
- Kim, R. N., Lee, J.-H., Hong, S. H., Jeon, J. H., & Jeong, W. K. (2018). The Characteristics of Shoulder Muscles in Archery Athletes. *Clinics in Shoulder and Elbow*, 21(3), 145-150. <https://doi.org/10.5397/cise.2018.21.3.145>
- Kim, S. E., Burket Koltsov, J. C., Richards, A. W., Zhou, J., Schadl, K., Ladd, A. L., & Rose, J. (2023). Validation of Inertial Measurement Units for Analyzing Golf Swing Rotational Biomechanics. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/s23208433>
- Last Chance Archery. (s. f.). *Electronic scales: HS4*. Recuperado 26 de noviembre de 2023, de <https://lastchancearchery.com/electronic-scales/hs4>
- Lee, K., & Benner, T. (2019). *Total Archery: Inside the Archer* (3.^a ed.). Astra Archery.
- Liaghat, B., Pedersen, J. R., Husted, R. S., Pedersen, L. L., Thorborg, K., & Juhl, C. B. (2023). Diagnosis, prevention and treatment of common shoulder injuries in sport: Grading the evidence - A statement paper commissioned by the Danish Society of Sports Physical Therapy (DSSF). En *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 57, Número 7, pp. 408-416). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2022-105674>
- Longo, U. G., Risi Ambrogioni, L., Candela, V., Berton, A., Lo Presti, D., & Denaro, V. (2023). Scapular Kinematics and Patterns of Scapular Dyskinesia in Rotator Cuff Tears: A Prospective Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/jcm12113841>
- Mantis Archery. (s. f.). *How does the Mantis X8 work?* Recuperado 10 de noviembre de 2023, de <https://mantisarchery.com/pages/how-it-works>
- McClure, P., Tate, A. R., Kareha, S., Zlupko, E., & Irwin, D. (2009). A Clinical Method for Identifying Scapular Dyskinesia, Part 1: Reliability. *Journal of athletic training*, 44(2), 160-164. <https://doi.org/https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.2.160>

- Niederbracht, Y., Shim, A. L., Sloniger, M. A., Paternostro-Bayles, M., & Short, T. H. (2008). Effects of a shoulder injury prevention strength training program on eccentric external rotator muscle strength and glenohumeral joint imbalance in female overhead activity athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 22(1), 140-145. www.nscj-jscr.org
- Niestroj, C. K., Schöffl, V., & Küpper, T. (2018). Acute and overuse injuries in elite archers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(7-8), 1063-1070. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.17.07828-8>
- Nock Point. (s. f.). *Sistema Mantis X8: Sistema para la medida del rendimiento en la secuencia de tiro*. Recuperado 3 de diciembre de 2023, de <https://www.nockpoint.es/b2c/producto/A-3832/1/sistema-mantis-x8>
- Ramiscal, L. S., Bolgla, L. A., Cook, C. E., Magel, J. S., Parada, S. A., & Chong, R. (2022). Reliability of the scapular dyskinesis test yes-no classification in asymptomatic individuals between students and expert physical therapists. *Clinics in Shoulder and Elbow*, 25(4), 321-327. <https://doi.org/10.5397/cise.2022.01109>
- RFETA. (2021). *Evolución del número de licencias federativas de tiro con arco en España*. <https://www.federarco.es/licencias/analisis-y-evolucion-licencias-rfeta/1494-licencias-rfeta-2016-2021/file>
- Roy, J. S., Macdermid, J. C., & Woodhouse, L. J. (2009). Measuring shoulder function: A systematic review of four questionnaires. *Arthritis Care and Research*, 61(5), 623-632. <https://doi.org/10.1002/art.24396>
- Shinohara, H., Urabe, Y., Maeda, N., Xie, D., Sasadai, J., & Fujii, E. (2014). *Does shoulder impingement syndrome affect the shoulder kinematics and associated muscle activity in archers?*
- Stanley, J. (2018, octubre 30). *How heavy is a recurve bow? The draw-weight question*. <https://www.worldarchery.sport/news/164685/how-heavy-recurve-bow-draw-weight-question>
- Tinazci, C. (2011). *Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing to releasing in male archers*. 13, 290-296. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.05.087>
- Tyagi, Dr. A., Kale, Dr. A., & Desouza, Dr. C. (2020). To determine the efficacy of Neer's test in the diagnosis of subacromial impingement of the shoulder.

International Journal of Orthopaedics Sciences, 6(4), 901-904.
<https://doi.org/10.22271/ortho.2020.v6.i4m.2438>

Vendrame, E., Belluscio, V., Truppa, L., Rum, L., Lazich, A., Bergamini, E., & Mannini, A. (2022). Performance assessment in archery: a systematic review. En *Sports Biomechanics*. Routledge.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2049357>

World Archery. (s. f.). *Archery Sport*. Recuperado 22 de octubre de 2023, de <https://www.worldarchery.sport/sport>

World Archery. (2023). *Sport Rulebook*.
<https://www.worldarchery.sport/rulebook/article/3138>

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

10. ANEXOS

ANEXO 1: FIGURAS

Figura 9

Medidor electrónico HS4



Nota. Medidor de potencia HS4, en este caso sobre un arco compuesto. Recuperado de “Electronic scales: HS4” de Last Chance Archery, s. f. <https://lastchancearchery.com/electronic-scales/hs4>

Figura 10

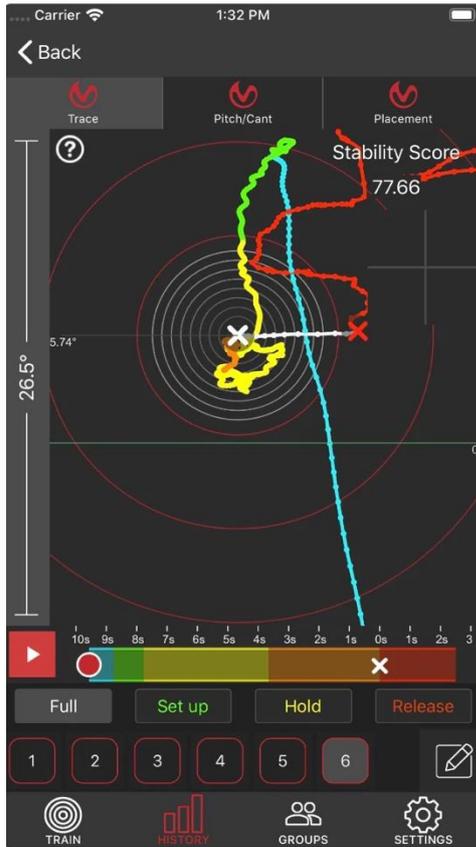
Sistema Mantis X8



Nota. Sistema Mantis X8 con adaptador para el visor. Recuperado de “Sistema Mantis X8: Sistema para la medida del rendimiento en la secuencia de tiro” de Nock Point, s. f. <https://www.nockpoint.es/b2c/producto/A-3832/1/sistema-mantis-x8>

Figura 11

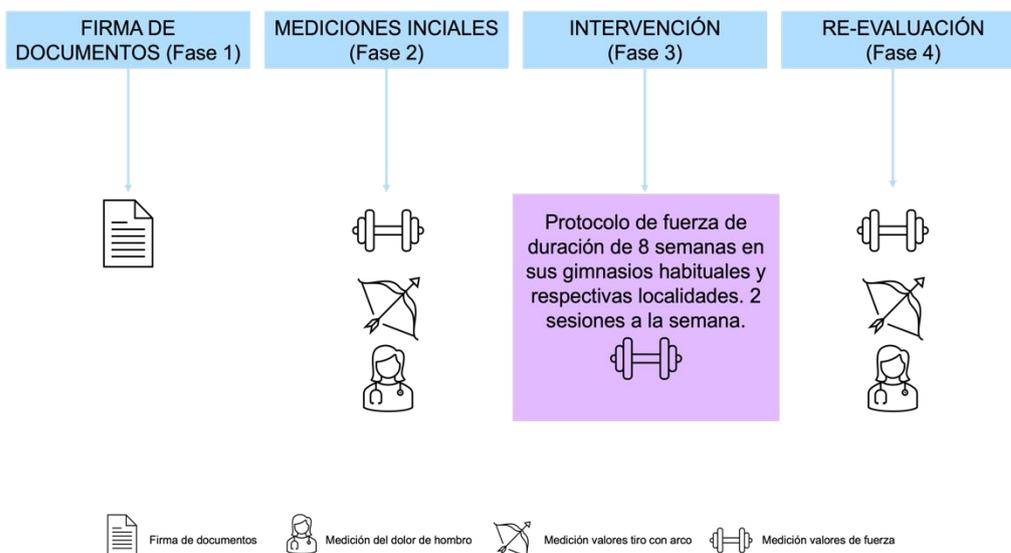
Resultados ofrecidos por el Mantis X8



Nota. Datos que ofrece el Mantis x8 en cuanto a temblor a la hora de apuntar. Estos datos son visualizables en un dispositivo móvil. En este caso la puntuación es de 77.66. Recuperado de “How does the Mantis X8 works” de Mantis Archery, s. f. <https://mantisarchery.com/pages/how-it-works>

Figura 12

Línea temporal



ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO**CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN
EL PROTOCOLO**

Yo, _____ con DNI/Pasaporte
número _____, con domicilio
en _____
_____, teléfono _____ y correo electrónico
_____, en calidad de participante en el
protocolo propuesto, doy mi consentimiento libre, voluntario e informado para
participar en dicha actividad.

OBJETIVO DEL PROTOCOLO: El objetivo principal del presente protocolo es llevar a cabo un programa de entrenamiento de fuerza para analizar el efecto del entrenamiento de fuerza en arqueros como mecanismo de prevención del impingement en el tiro con arco.

PROCEDIMIENTO: Entiendo que el protocolo de entrenamiento de fuerza implica la realización de ejercicios físicos diseñados específicamente para mejorar los valores de fuerza. El entrenamiento puede incluir, pero no se limita a, levantamiento de pesas, ejercicios con máquinas y otros métodos que serán detallados por el equipo investigador.

DURACIÓN Y FRECUENCIA: Comprendo que el protocolo se llevará a cabo durante un período determinado de 8 semanas. Que, además, se acudirá a hacer la evaluación inicial y la reevaluación al CAR de Madrid.

BENEFICIOS Y RIESGOS: Soy consciente de que el entrenamiento de fuerza tiene beneficios para la salud y el rendimiento, como el aumento de los valores de fuerza, la masa muscular y la prevención de lesiones. Asimismo, reconozco que existen riesgos inherentes a cualquier programa de ejercicio de fuerza, incluyendo, pero no limitado a, lesiones musculares, esguinces, lesiones traumáticas.

CONFIDENCIALIDAD Y PROTECCIÓN DE DATOS: Acepto que se registrarán y almacenarán datos personales relacionados con la participación en el protocolo, como los valores de fuerza y resultados relativos al tiro con arco, además de datos acerca del dolor de hombro. Entiendo que estos datos serán tratados de manera confidencial y solo se compartirán con personal autorizado.

DERECHO A RETIRARME: Soy consciente de que tengo el derecho de revocar mi consentimiento en cualquier momento del protocolo y abandonarlo sin consecuencia alguna. Entiendo que mi participación es voluntaria y que mi decisión de retirarme no afectará mi tratamiento futuro.

CONSENTIMIENTO INFORMADO: Declaro que he leído, entendido y acepto las condiciones del protocolo, así como los beneficios y riesgos asociados. Estoy participando de manera voluntaria y doy mi consentimiento para el tratamiento de mis datos personales conforme a lo establecido en la normativa de protección de datos vigente.

FIRMA:

FECHA:

Este documento tiene como objetivo garantizar que el participante esté plenamente informado sobre el protocolo de entrenamiento de fuerza y haya dado su consentimiento de manera voluntaria. El equipo investigador se compromete a explicaciones adicionales en caso de que sea necesario y esté disponible para responder cualquier pregunta que el participante pueda tener antes de la firma.

ANEXO 3: SPADI TEST EN CASTELLANO

Nombre y apellidos del participante:

INSTRUCCIONES

A continuación, se le muestran una serie de preguntas que debe responder marcando en la escala que se le muestra (utilizando la escala NRS) para el dolor siendo el menor grado “ningún dolor” y el máximo grado “el peor dolor imaginable”. En cuanto a las cuestiones de la escala de discapacidad el menor grado corresponde a “ninguna dificultad” y el máximo grado a “tan difícil que necesito ayuda para completarlo”.

ESCALA DOLOROSA

¿Cómo de intenso es su dolor?

Recuerde que 0=ningún dolor y 10= el peor dolor imaginable

En el peor momento	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cuando te tumbas sobre el lado doloroso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tocándote el cuello por la parte posterior	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Empujando con el lado doloroso	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ESCALA DE DISCAPACIDAD

¿Cómo de difícil es realizar las siguientes actividades?

Recuerde que 0=ninguna dificultad y 10= tan difícil que necesito ayuda para completarlo

Lavándote el pelo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lavándote la espalda	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Poniéndote un jersey	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Poniéndote una camisa con botones en la parte frontal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Poniéndote los pantalones	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Colocar un objeto en una estantería que está alta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Llevando un objeto pesado (4,5kg)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cogiendo algo del bolsillo posterior del pantalón	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ANEXO 4: TEST DOLOR HOMBRO

Figura 13

Speed test



Nota. Se estabiliza la parte posterior hombro con una mano y se aplica una fuerza en el antebrazo a nivel distal mientras el paciente tiene el hombro flexionado a 90° y el codo completamente extendido. Recuperado de "Comprehensivetya Examination of the Athlete's Shoulder" de Cotter, E. J., Hannon, C. P., Christian, D., Frank, R. M., & Bach, B. R., 2018, *Sports Health*, 10(4). <https://doi.org/10.1177/1941738118757197>

Figura 14

Neer test



Nota: Imagen recuperada de "Hombro doloroso en la consulta del Internista Painful shoulder at the internist" de Champin Michelena, s. f. www.orthohealth.com

Figura 15

Test Hawkins-Kenedy.



Nota. Test de Hawkins-Kennedy realizado en un hombro derecho. Se estabiliza la parte posterior con 1 mano, y con el hombro y codo del paciente flexionado a 90°, se aplica fuerza dirigida hacia abajo para valorar si se produce dolor. Recuperado de "Comprehensive Examination of the Athlete's Shoulder" de Cotter, E. J., Hannon, C. P., Christian, D., Frank, R. M., & Bach, B. R., 2018, *Sports Health*, 10(4). <https://doi.org/10.1177/1941738118757197>

Figura 16

Scapular dyskinesis test yes-no classification



Nota. Test de disquinesia scapular. Recuperado de "Reliability of the scapular dyskinesis test yes-no classification in asymptomatic individuals between students and expert physical therapists" de Ramiscal, L. S., Bolgia, L. A., Cook, C. E., Magel, J. S., Parada, S. A., & Chong, R., 2022, *Clinics in Shoulder and Elbow*, 25(4), 321-327. <https://doi.org/10.5397/cise.2022.01109>