



Facultad de  
Ciencias de la Salud  
y del Deporte - Huesca  
**Universidad** Zaragoza

## **Máster Universitario en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud**

### **TÍTULO DEL TRABAJO:**

Cross Training y Dolor de hombro: ¿Puede la movilidad ser la clave?

---

Cross Training and Shoulder Pain: Can mobility be the key?

#### **AUTORA DEL TRABAJO**

Inés Carrera Masía

#### **DIRECCIÓN DEL TRABAJO:**

Gabriel Lozano Berges

Área de Educación Física y Deportiva

Germán Vicente Rodríguez

Área de Educación Física y Deportiva

#### **FECHA DE PRESENTACIÓN**

9,10 y 11 de junio de 2025:

## RESUMEN

**Introducción:** El Cross Training es una disciplina de entrenamiento de alta intensidad que combina ejercicios cardiovasculares, gimnásticos y levantamiento de pesas. Este deporte tiene múltiples beneficios físicos, endocrinos y psicológicos, sin embargo, conlleva un riesgo alto de lesión si no se realiza una buena ejecución de los movimientos, siendo el hombro una de las zonas más afectadas.

**Objetivo:** El objetivo de este estudio fue evaluar si un programa de movilidad articular de cuatro semanas generaba cambios en el umbral del dolor y el rango de movilidad articular en personas que practicaban Cross Training y tenían dolor de hombro.

**Métodos:** Se realizó un estudio cuasiexperimental, con una muestra de diez participantes voluntarios. Antes y después de la intervención, se evaluó a los deportistas mediante la escala visual analógica (EVA) para el dolor y con un goniómetro para medir el rango de movilidad articular del hombro y de las articulaciones vecinas.

**Resultados:** Tras la intervención, los participantes refirieron una notable reducción del dolor y se produjo un aumento del rango de movimiento articular en todos los movimientos del hombro y de las articulaciones vecinas.

**Conclusiones:** Estos hallazgos sugieren que un programa sistematizado de movilidad, aplicado de forma regular y controlada, puede constituir una herramienta eficaz para la prevención y el manejo del dolor de hombro en practicantes de Cross Training. Se recomienda la incorporación de estrategias de movilidad dentro de la planificación del entrenamiento para reducir el riesgo de lesión y favorecer el rendimiento funcional.

**Palabras clave:** Cross Training, dolor de hombro, movilidad articular, prevención, entrenamiento funcional.



## ABSTRACT

**Introduction:** Cross training is a high-intensity functional training discipline that combines cardiovascular exercises, weightlifting, and gymnastics. Despite its physical benefits, there are some common issues with muscle and joint pain or injuries, with the shoulder being one of the most affected areas due to repeated overhead movements.

**Objective:** This study aimed to evaluate the effects of a four-week joint mobility program on pain perception and range of motion in recreational Cross training athletes with shoulder pain.

**Methods:** A quasi-experimental pre-post test design was used, implementing an intervention protocol consisting of mobility exercises for the shoulder and thoracic spine, performed thrice weekly. Ten voluntary participants were assessed using the Visual Analogue Scale (VAS) for pain and active mobility tests with a goniometer to measure shoulder range of motion during various movements.

**Results:** After the intervention, participants reported a significant reduction in pain and an increase in joint range of motion across all shoulder and surrounding joint movements.

**Conclusions:** These findings suggest that a systematic and supervised mobility program, applied regularly, can be an effective tool for preventing and managing shoulder pain in Cross training practitioners. The results indicate that incorporating mobility strategies into training planning can reduce the risk of injury and enhance functional performance.

**Keywords:** Cross Training, shoulder pain, joint mobility, prevention, functional training.

## ÍNDICE

### RESUMEN / ABSTRACT

1. Introducción
2. Metodología
  - 2.1. Diseño del estudio
  - 2.2. Participantes
  - 2.3. Procedimiento general
  - 2.4. Instrumentos y técnicas de valoración
    - 2.4.1. Evaluación clínica
    - 2.4.2. Rango de movilidad articular (ROM)
    - 2.4.3. Medición del dolor (EVA)
  - 2.5. Intervención
    - 2.5.1. Movilidad de columna cervical, torácica y lumbar
    - 2.5.2. Movilidad de hombro
    - 2.5.3. Tabla resumen de ejercicios
3. Resultados
4. Discusión
  - 4.1. Interpretación de los resultados
  - 4.2. Comparación con otros estudios
  - 4.3. Recomendaciones para futuras investigaciones
5. Limitaciones y fortalezas del estudio
6. Conclusión
7. Referencias bibliográficas
8. Anexos
  - Anexo I: Aprobación ética
  - Anexo II: Autorización del centro
  - Anexo III: Ficha de evaluación

## **LISTADO DE ABREVIATURAS**

CEICA: Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón

EVA: Escala Visual Analógica

NPB: Necesidades Psicológicas Básicas

PI: Proyecto de Investigación

ROM: Rango de Movimiento (Range of Motion)

WOD: Workout of the Day

## INTRODUCCIÓN

El Cross Training es una modalidad de entrenamiento de alta intensidad y compleja técnicamente que ha cobrado especial interés en los últimos años. Esta integra el levantamiento de pesas, ejercicios gimnásticos, entrenamiento cardiovascular y habilidades de otras disciplinas [1] cuyo propósito es llevar al cuerpo a un cierto límite, protegiendo siempre la salud, para mejorar la fuerza, resistencia cardiorrespiratoria y agilidad, y generando, a su vez, una serie de adaptaciones fisiológicas que permiten al cuerpo mantener el equilibrio interno frente a los estresores impuestos.

Actualmente hay más de 15.000 gimnasios afiliados y millones de practicantes activos en todo el mundo [2]. En España, en 2024 se contaba con 628 gimnasios y había cerca de 110.000 personas en el país que participaban activamente en esta disciplina [3]. La primera competición de esta práctica, CrossFit Games, no se realizó hasta 2007, la cual supuso el inicio de una multitud de eventos locales y nacionales, competiciones, seminarios y talleres que han ido contribuyendo a consolidar esta modalidad como una disciplina en constante expansión [3].

Cada vez son más los profesionales de la Actividad Física y del Deporte que describen esta práctica como una opción muy recomendable para personas con distinto nivel de condición física [2]. Al ser una disciplina que implica un acondicionamiento físico general en distintos componentes de la condición física, es capaz de influir en la mejora de la fuerza, la resistencia cardiorrespiratoria, la coordinación y la flexibilidad [4], y también lo hace en diferentes parámetros fisiológicos, endocrinos e inmunológicos que modifican la composición corporal y la masa muscular [5].

En lo que respecta a la salud mental, el Cross Training puede ser un claro ejemplo de cómo la teoría de la autodeterminación se aplica en la práctica deportiva, cubriendo las tres necesidades básicas del individuo (triángulo de la NPB), pilar básico de la teoría de la Autodeterminación [6]. Los entrenamientos de esta disciplina llamados “WOD” (workouts of the day) permiten: 1) medir el progreso del atleta satisfaciendo su necesidad de competencia [4]; 2) ajustar la carga de trabajo e intensidad según el nivel de condición física de cada atleta, lo cual permite cubrir la necesidad de autonomía [6]; y, 3) el hecho de que los entrenamientos sean grupales genera un vínculo social, apoyo y sentido de comunidad cubriendo así el tercer pilar de la teoría de la Autodeterminación. Además de ello, aumenta la concentración, reduce el nivel de estrés y fomenta la autoconfianza [6,7].

Sin embargo, su naturaleza de alta intensidad, la fatiga y la complejidad técnica de muchos de sus ejercicios, sumado a la falta de movilidad y fuerza de muchos atletas, podrían incrementar su riesgo de lesión a corto y medio plazo [8]. Según los estudios de Klimek y cols. [9], la probabilidad de lesión en Cross Training es de un 22,8%, inferior a otro tipo de modalidades deportivas como la carrera a pie (70-74% del total de corredores), fútbol americano (140 lesiones x 1.000 h de práctica), hockey hielo (78,4

lesiones x 1.000 h de práctica) o fútbol masculino y femenino (4,2 lesiones x 1.000 h y 5,2 lesiones x 1.000 h de práctica, respectivamente). Las tasas de lesiones en Cross Training según Hak y cols. [2] son del 73,4%, notablemente más altas que las de Grier y cols. [10] (34%) y Weisenthal y cols. [11] (20%). Cabe destacar que, en el estudio de Hak y cols. [2], los atletas entrevistados afirmaron que tenían un nivel bajo en la disciplina, mientras que en los estudios de Grier y cols. [10] y Weisenthal y cols. [11], los participantes eran militares, los cuales podrían haber tenido más experiencia con el entrenamiento de alta intensidad.

Diversos estudios [12,13] reportan que las lesiones más comunes asociadas al Cross Training ocurren en el hombro (25% de todas las lesiones), columna lumbar (14%) y rodilla (13%). Entre las lesiones más frecuentes de hombro se encuentran las luxaciones, lesiones del manguito rotador y tendinopatías [14, 15, 16]. En un artículo publicado en 2016, se menciona que de 187 deportistas de Cross Training un 23,5% padecieron lesiones a nivel de hombro [17]. Durante esta práctica, se producen movimientos en los cuales la carga de trabajo se sitúa por encima de la cabeza, lo que requiere una gran estabilidad y movilidad de la articulación del hombro y articulaciones vecinas. Sin embargo, hay estudios que demuestran que la incidencia de lesiones en el hombro disminuye cuando el entrenamiento es supervisado, se ejecuta una buena técnica y se sigue una progresión adecuada en la dificultad de los ejercicios [18,19]. Una técnica adecuada de los ejercicios requiere un rango óptimo de movilidad articular (ROM). Cualquier limitación en los movimientos del hombro (flexión-extensión, abducción-aducción o rotación interna-externa) y de las zonas vecinas (columna cervicodorsal, columna dorsolumbar, articulación del codo, articulación radiocarpiana, etc.) puede comprometer la eficiencia del gesto técnico y generar dolor. Por esta razón, la movilidad desempeña un papel esencial tanto en la readaptación de lesiones como en la prevención y manejo del dolor de hombro [20].

Por ello, el objetivo de este estudio es evaluar si la aplicación de un programa de movilidad de 4 semanas en personas que practican Cross Training y tienen dolor de hombro (hayan tenido o no una lesión), reduce su dolor y mejora el ROM a corto plazo. La hipótesis principal de esta investigación es que el programa de movilidad de cuatro semanas mostrará diferencias significativas en la sintomatología de los participantes del estudio, disminuyendo su umbral del dolor y aumentando el ROM del hombro doloroso y de las articulaciones vecinas que favorecen y permiten la correcta movilidad del hombro.

## METODOLOGÍA

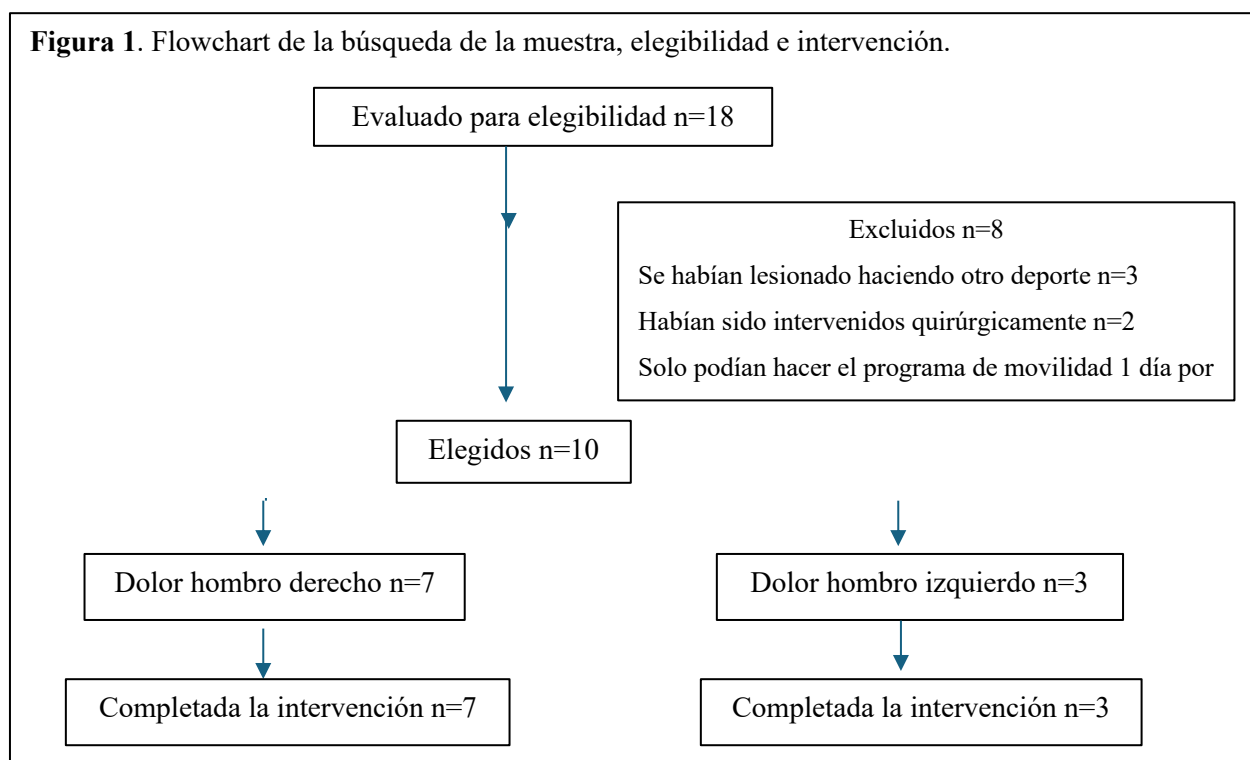
### Diseño del estudio.

Se diseñó un estudio cuasiexperimental de tipo pre-post sin grupo control, con el objetivo de evaluar el efecto de una intervención de movilidad de cuatro semanas en personas que practican Cross Training y presentan dolor de hombro. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Comunidad Autónoma de Aragón (CEICA; número de referencia: PI25/114) y por la Unidad de Protección de Datos de la Universidad de Zaragoza (**Anexo I**). Se desarrolló en el centro de entrenamiento FitnessDR (Huesca), con la autorización de la persona responsable (**Anexo II**).

### Participantes.

Los participantes fueron reclutados de forma no probabilística mediante muestreo por conveniencia, a través de contacto telefónico y correo electrónico. Se partió de una muestra inicial de 18 deportistas, que fueron evaluados según los siguientes criterios de inclusión: 1) hombres y mujeres entre 18 y 65 años, 2) práctica regular de Cross Training en el centro durante al menos seis meses, con una frecuencia mínima de dos sesiones semanales, y 3) presencia de dolor de hombro derivado de dicha práctica. Se excluyeron personas con lesiones o intervenciones quirúrgicas previas en el hombro no relacionadas con la práctica de Cross training. La muestra total con la que se realizó la intervención fue de 10 participantes con una edad media de  $26,6 \pm 6,0$  años (**Figura 1**).

**Figura 1.** Flowchart de la búsqueda de la muestra, elegibilidad e intervención.



A todos los participantes se les explicó detalladamente el objetivo del estudio, los procedimientos, los riesgos y beneficios potenciales, firmaron un consentimiento informado y se les garantizó la posibilidad de retirarse en cualquier momento.

### Procedimiento.

Se realizaron dos evaluaciones a lo largo del estudio: antes del inicio de la intervención (semana 0) y al finalizar la intervención (semana 4). Las evaluaciones fueron llevadas a cabo por una fisioterapeuta con más de 10 años de experiencia. En las dos evaluaciones se realizaron las siguientes valoraciones: valoración clínica, medición de movilidad [23] y dolor (**Anexo III**).

### Instrumentos y técnicas de valoración.

#### 1. Evaluación clínica

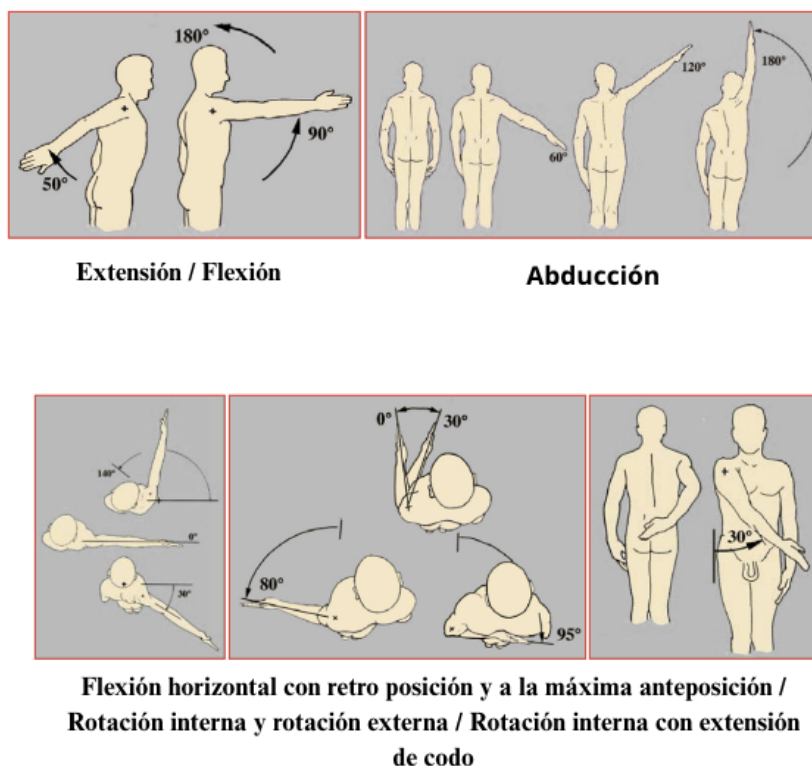
Se realizó una inspección y palpación de ambos hombros y de las articulaciones vecinas (clavícula, escápula, región cervicodorsal y dorsolumbar) con el objetivo de identificar asimetrías, atrofas, inflamación, cicatrices y puntos dolorosos o gatillo miofasciales. Los participantes fueron evaluados en bipedestación y con la mínima vestimenta posible, para facilitar la observación de estructuras anatómicas.

#### 2. Rango de movilidad articular (ROM)

El ROM activo y, en los casos necesarios, pasivo, fue evaluado mediante goniómetro (NOG de rotación 360°, SAEHAN, Corea del Sur). Se evaluaron los siguientes movimientos del hombro: flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna y rotación externa, siguiendo los valores de referencia establecidos por la bibliografía (**Tabla 1** y **Figura 2**).

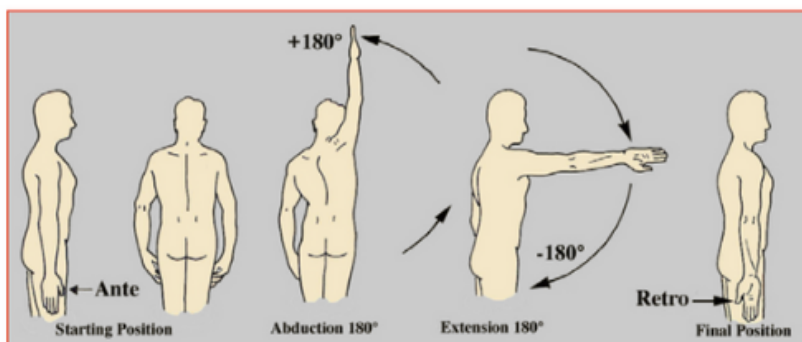
**Tabla 1.** Grados de amplitud articular de los movimientos del hombro [26].

Movimiento	Extensión	Flexión	Flexión horizontal con retro-posición	Flexión horizontal a la máxima anteposición	Abducción	Rotación interna / rotación interna con extensión de brazo	Rotación externa
Amplitud de movimiento	50°	180°	30°	140°	180°	30° / 95°	80°

**Figura 2.** Rango articular de los movimientos del hombro.

La combinación sucesiva de abducción  $180^\circ$  y extensión  $180^\circ$  produce una rotación interna de  $180^\circ$  lo que se llama Paradoja de Codmann [26] (**Figura 3**). Al ser un movimiento tridimensional, esta permite valorar la movilidad del hombro de una forma íntegra. Esta se efectúa de la manera siguiente:

El miembro superior parte de una posición vertical, con la palma de la mano mirando hacia fuera. Se inicia el movimiento de abducción hasta los  $180^\circ$  acompañada de una extensión completa. A continuación, se vuelve a la posición inicial con la palma de la mano mirando hacia fuera y el pulgar dirigido hacia atrás [26, 27]. La repetición sucesiva de movimientos idénticos que nacen del hombro permite un tercer grado de libertad en este: la rotación adjunta.

**Figura 3.** Progresión de movimientos**Paradoja de Codmann.**



Además, también se incluyó la prueba de Jobe (para descartar posibles lesiones en el manguito rotador) [28] y el test de impingement (ya que es muy frecuente en esta disciplina y según la bibliografía genera el 40% del dolor de hombro en personas que practican Cross Training) [11, 29].

Para la realización de la prueba de Jobe el participante se colocaba en bipedestación, con la extremidad en abducción de 90°, antepulsión de 30° y rotación interna máxima de los antebrazos (pulgares hacia abajo). Una vez realizado este movimiento, el profesional que realizaba la evaluación, imprimía fuerza sobre su brazo. Si hubiese una lesión del manguito rotador, el participante tendría dolor o su extremidad no resistiría esa fuerza [28].

Para realizar el *impingement* test, el participante se coloca sentado con el hombro en abducción 90° y en rotación externa de hombro. La prueba resultaría positiva si hubiese dolor en esta posición e indicaría que hay una disminución del espacio glenohumeral que podría estar limitando el movimiento del húmero al realizar ciertos movimientos. [29].

### 3. Medición del dolor

Se utilizó la Escala Visual Analógica (EVA) para valorar la intensidad del dolor antes y después del entrenamiento, y en las evaluaciones pre y post intervención. La escala comprende valores de 0 (sin dolor) a 10 (máximo dolor percibido).

#### **Intervención.**

La intervención se desarrolló durante cuatro semanas, con una frecuencia de tres sesiones semanales. Las sesiones, de entre 20 y 25 minutos de duración, se realizaron antes del entrenamiento principal (WOD) y estuvieron enfocadas en la mejora de la movilidad del complejo articular del hombro y de la columna torácica.

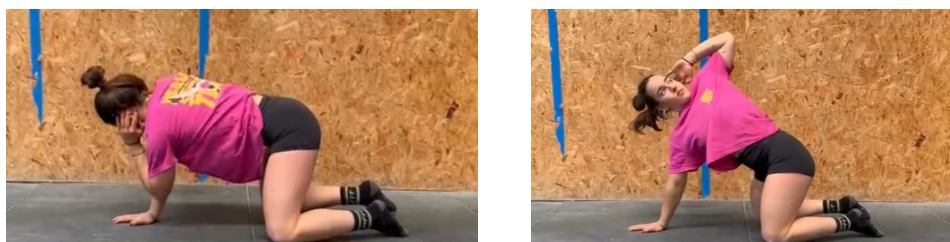
La intervención fue supervisada y guiada por un profesional de Ciencias de la Salud y del Deporte, en el propio centro de entrenamiento y en un horario constante, para reducir variaciones circadianas en las mediciones. Las sesiones se organizaron en dos bloques de trabajo:

#### Bloque 1: Movilidad de columna cervical, torácica y lumbar

1. Flow sobre foam roller [31] a lo largo de la columna. En este ejercicio, el participante estaba colocado encima de una esterilla sobre un foam roller. Desde ahí se realizaba un movimiento de “Flow” moviendo toda la columna, desde la zona cervical a la lumbar por encima del foam roller, ayudando a liberar la rigidez de toda la zona y activar el tejido miofascial (**Figura 4**).

**Figuras 4.** Flow sobre foam roller.

2. Rotación de la cintura escapular respecto a la zona lumbar en cuadrupedia [32]. Para ello, el deportista debía permanecer en posición de cuadrupedia (con manos y rodillas en contacto con la esterilla). Desde ese punto, empezaba el ejercicio, colocando una mano detrás de la nuca y manteniendo el codo hacia fuera. Con esta posición, el atleta debía llevar el codo en dirección al techo mientras la pelvis permanecía en la misma posición generando una rotación de la cintura escapular y aumentando de esta forma la movilidad de esta respecto a la zona lumbar. De igual forma, se realizó un ejercicio paralelo a este, pero llevando el codo hacia abajo y hacia dentro (buscando el codo contrario) y generando así una rotación de la cintura escapular hacia el lado opuesto.

**Figuras 5.** Rotación de la cintura escapular respecto a la zona lumbar en cuadrupedia.

3. “Flow” desde cobra hasta “puppy pose” [33]. En este ejercicio el atleta partía de estar colocado en decúbito prono con las manos en el suelo, empujando el torso hacia arriba (en posición de esfinge) para llegar a colocarse en posición de “puppy pose” (posición en la que las caderas se mantienen sobre las rodillas y las manos se extienden hacia delante; **Figura 5**).

**Figuras 6.** “Flow” desde cobra hasta “puppy pose”.

4. Estiramiento del escorpión en prono. Para la realización de este ejercicio, el atleta se colocaba en decúbito prono encima de la esterilla con los brazos extendidos en cruz. Seguidamente, llevaba una pierna hacia el lado opuesto para generar una rotación de tronco dorsolumbar.

**Figuras 7.** Estiramiento del escorpión.



5. Ejercicio *cat-camel* [34]. Para la realización de este ejercicio, el atleta se colocaba en posición de cuadrupedia y alternaba las posiciones de "*cat*" (generando una cifosis/flexión de la espalda como un gato) y "*camel*" (llevando el tronco a extensión y la pelvis a anteversión).

**Figuras 8.** Ejercicio cat-camel



## Bloque 2: Movilidad de Hombro

### Ejercicios con material (pica)

1. Press tras nuca con pica [34]. El deportista tenía que coger la pica con ambas manos a una distancia mayor que el ancho de sus hombros. Desde una posición erguida, tenía que llevarla por detrás de la cabeza manteniendo la posición del tronco y evitando posibles compensaciones (moviendo los brazos a la vez)

**Figuras 9.** Press tras nuca con pica.



2. Flexión de hombro y extensión torácica sobre foam roller con pica [31]. Para la realización de este ejercicio, el participante debía colocarse en decúbito supino sobre el foam roller y coger la pica con ambas manos. A continuación, debía buscar la extensión de la columna sobre el foam roller y a su vez la flexión de los hombros con la pica llevando los brazos hacia arriba y hacia atrás.

**Figuras 10.** Flexión de hombro y extensión torácica sobre foam roller con pica.



3. Rotación externa pasiva con pica [33]. Para la realización de este ejercicio, el atleta se colocaba en bipedestación, sosteniendo la pica frente a su cuerpo con ambas manos. Esta, se usaba como apoyo actuando como un “asistente” llevando el brazo hacia fuera y generando una rotación externa sobre el hombro.

**Figuras 11.** Rotación externa pasiva con pica.



4. Flow en posición rock y press tras nuca con pica [31]. El "*flow*" es un movimiento fluido que transita entre diferentes posiciones de movilidad. En este caso, el participante partía de una posición en sedestación o en cuclillas con las manos en el suelo y las piernas ligeramente separadas, pasando a realizar un press tras nuca asegurando un movimiento fluido y controlado.

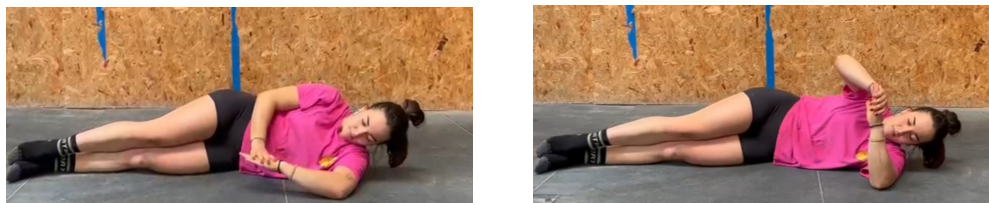
#### Ejercicios sin material

1. Flexiones escapulares en posición de cuadrupedia, con las manos y los pies colocados sobre la esterilla. El participante tenía que movilizar los omoplatos desplazándose hacia anterior y posterior, sin mover los codos para activar los músculos estabilizadores del hombro.



**Figura 12.** Posición final e inicial de las flexiones escapulares.

2. Rotación interna asistida con la mano [35]. Para este ejercicio, el participante se tenía que colocar estirado en decúbito lateral sobre la esterilla. Uno de los hombros tenía que estar colocado a 90 grados de abducción y con la palma de la mano hacia arriba. La otra mano tenía que estar colocada encima del antebrazo de la otra para asistir el movimiento y llevar al hombro a rotación interna (sin levantar el codo de la esterilla).

**Figuras 13.** Press tras nuca con pica.

3. Rotación interna y externa alternando [35]. Para realizar este ejercicio, el atleta estaba sentado con los codos flexionados y los hombros en abducción a 90 grados. Partiendo de esta posición, se movían los brazos hacia el interior (rotación interna) y hacia el exterior (rotación externa) manteniendo en todo momento el control del movimiento.

**Figuras 14.** Rotación interna y externa alternando.

4. *Inchworm* [37]. Este es un ejercicio dinámico que se inicia en bipedestación. A continuación, el atleta tenía que agacharse y desplazarse hacia delante con las manos hasta alcanzar la posición de plancha. Seguidamente, los pies seguían la dirección de las manos para regresar a la posición inicial.

Cada semana se realizaron 3 sesiones, de las cuales dos estaban enfocadas en la movilidad del hombro y una en la columna torácica y resto de articulaciones vecinas.

<b>Tabla 2.</b> Ejercicios de intervención de movilidad.				
Bloque	Ejercicio	Tipo	Objetivo principal	Series/ repeticiones
1.Columna	Flow sobre foam roller	Con material (foam)	Liberación miofascial y movilidad global de toda la columna	2x30''
	Rotación escapular en cuadrupedia (codo arriba y abajo)	Sin material	Disociación escapular/ movilidad torácica	2 x 10 repeticiones por lado
	Flow de cobra a puppy pose	Sin material	Movilidad torácica y apertura de hombros	2 x 20''
	Estiramiento del escorpión en prono	Sin material	Rotación torácica y liberación dorsolumbar	2x20''
	Cat – camel	Sin material	Movilidad segmentaria de la columna	2x10 repeticiones
2.Hombro	Press tras nuca con pica	Con material (pica)	Movilidad glenohumeral / control escapular	2 x 30''
	Flexión de hombro + extensión torácica sobre foam roller con pica	Con material (pica + foam)	Amplitud de flexión de hombro y extensión torácica	2 x 30''
	Rotación externa pasiva con pica	Con material (pica)	Aumento de ROM en rotación externa del hombro	2 x 20'' (por lado)
	Flow en posición rock + press tras nuca con pica	Con material (pica)	Control motor y movilidad funcional del complejo hombro-escápula	5 repeticiones
	Flexiones escapulares en cuadrupedia	Sin material	Activación de musculatura estabilizadora del hombro	2 x 15 repeticiones
	Rotación interna asistida con la mano	Sin material	Mejora de la rotación interna	2 x 30''( por lado)
	Rotación interna y externa alternadas	Sin material	Control motor en plano horizontal del hombro	2 x 10 (por lado)
	Inchworm	Sin material	Estiramiento dinámico, activación de la cadena anterior y movilidad escapular.	1'
<p><i>Foam</i> = rodillo de espuma (foam roller); <i>pica</i> = barra ligera de PVC o madera utilizada como apoyo para movimientos de movilidad; ROM = rango de movilidad articular.</p> <p>Las repeticiones o tiempos están expresados por serie, salvo que se indique “por lado”. Los ejercicios se clasifican según si requieren material o no, y se agrupan por región anatómica (columna / hombro).</p>				

Los ejercicios incluidos en el programa de intervención pueden visualizarse de forma más clara a través de un vídeo demostrativo elaborado por la profesional responsable de la intervención, graduada en Ciencias de la Salud y del Deporte. Este material audiovisual complementario está disponible en el siguiente enlace: <https://youtu.be/5bSb77jM91w>

### **Análisis estadísticos**

Se utilizó el programa estadístico Jamovi para MacOS versión 2.5 para realizar todas las pruebas estadísticas de este trabajo. Para analizar las variables cuantitativas no paramétricas se utilizó el test de Wilcoxon para muestras apareadas. Los resultados obtenidos se expresaron como mediana y rango intercuartílico (percentil 25; percentil 75), además de calcularse el tamaño del efecto de correlación biselada de rangos.

Para las variables dicotómicas (prueba de Codmann, Impingement y Jobe) se utilizaron términos de frecuencias absolutas (sí/no). Las tablas de contingencia para muestras apareadas de McNemar se aplicaron para evaluar si la intervención afectó positivamente en los casos evaluados con la prueba de Jobe. Cabe destacar que no se pudo aplicar este análisis en las variables de Codmann e Impingement ya que en las dos variables hubo un momento temporal en el que todos los resultados eran negativos.

## RESULTADOS

Después de cuatro semanas de intervención, se compararon los resultados obtenidos entre la valoración pre-intervención y post-intervención.

Las variables que mostraron mejoras significativas fueron la percepción del dolor, evaluado mediante la EVA, con un tamaño del efecto muy grande y clínicamente relevante, el test de Codmann (mejoría en la movilidad de hombro) reduciendo el número de casos positivos de 10 a 1, Jobe (función del manguito del rotador) reduciendo de 7 positivos a 1 positivo, e Impingement, resolviéndose completamente el pinzamiento subacromial en todos los sujetos (**Tabla 3**).

<b>Tabla 3.</b> Resultados pre y post intervención en variables clínicas y funcionales.					
Variables	Pre-intervención (n=10)	Post-intervención (n=10)	Nivel de significación (p)	Estadístico ( $\chi^2$ )	Tamaño del efecto (d)
EVA	6 (5;7)	2 (1;3)	0,006*	-	1,0
Codmann (Si/No)	(10/0)	(1/9)	-	-	-
Impingement (Si/No)	(6/4)	(0/10)	-	-	-
Jobe (Si/No)	(7/3)	(1/9)	0,031*	4,17	-
<p>EVA = Escala Visual Analógica del dolor (valores como mediana [rango intercuartílico]); Codman, Impingement y Jobe = pruebas clínicas para valorar movilidad articular, conflicto subacromial y función del músculo supraespinoso, respectivamente.</p> <p>Las variables dicotómicas se presentan como número de casos positivos/negativos.</p> <p>El asterisco (*) indica diferencias estadísticamente significativas (<math>p &lt; 0,05</math>).</p> <p>Se utilizó la prueba exacta de McNemar para el test de Jobe, con <math>\chi^2(1) = 4,17</math> y <math>p = 0,031</math>. No se aplicó esta prueba a Codman ni Impingement por falta de variabilidad.</p>					

Al comparar los resultados de movilidad del hombro, se observó que el movimiento de flexión era el que presentaba mejoras significativas. Inicialmente 6 de 10 participantes presentaron un rango inferior a 180°, destacando valores por debajo de 160° en tres de esos casos. Sin embargo, en la valoración post-intervención, únicamente 2 participantes presentaban una limitación de este movimiento, cuyos valores estaban por encima de 160°.



El movimiento de abducción fue el segundo más comprometido, ya que inicialmente cuatro participantes registraron valores por debajo de  $130^\circ$ . Asimismo, en la valoración final, únicamente uno de ellos presentaba limitación del movimiento y el resto presentaban movilidad completa.

La limitación de la rotación externa estaba asociada a 3 participantes que tenían limitación de la abducción, estando los valores por debajo de  $15^\circ$ .

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el estudio tras la realización de una intervención de movilidad durante cuatro semanas en personas que tienen dolor de hombro y que practican Cross training muestran numerosos beneficios que respaldan la hipótesis inicial del estudio, así como los resultados de otras investigaciones revisadas [11,19] que defienden el papel fundamental de la movilidad activa, el control motor y la activación articular como estrategias terapéuticas en poblaciones activas [18, 34].

La disminución de la percepción del dolor y el aumento del ROM, ambos ligados entre sí, remarcaban una vez más, coincidiendo con estudios de Weisenthal y cols [11] y Klimek y cols [9], que el papel de la movilidad en el ámbito deportivo es fundamental para evitar lesiones y la recuperación de estas.

Respecto al aumento del rango de movimiento, la evidencia respalda que las intervenciones focalizadas en la movilidad articular no solo mejoran la flexibilidad sino también la función muscular y la coordinación neuromuscular, aspectos clave en deportes como el Cross training. Estudios previos, como los de Laudner y cols [39] y Page y cols [40] han demostrado que los programas de estiramientos y movilidad pueden incrementar significativamente el ROM en el hombro, lo que coincide con los hallazgos de este estudio. Además, el aumento del ROM observado podría estar relacionado con un aumento de la vascularización de la articulación que facilitaría los diferentes movimientos y aumentaría el espacio subacromial.

En las pruebas de Jobe, Codmann e Impingement se observó una mejoría notable. Los resultados obtenidos en la prueba de Jobe, utilizado para evaluar la integridad del músculo supraespinoso, mostraron una notable reducción del dolor. Esto concuerda con los hallazgos de Tahrán y cols [38] y Hak [2], quienes aplicaron ejercicios de estiramiento posterior del hombro y observaron una mejora clínica significativa en pacientes con síndrome subacromial [34]. La mejora de los resultados podría deberse a la reeducación de la musculatura estabilizadora y la activación de los captadores horizontales de la articulación glenohumeral durante el programa de movilidad realizado.

La prueba de Codmann se utilizó para evaluar el movimiento tridimensional del hombro, combinando los movimientos de abducción-flexión y extensión. La mejoría de esta prueba sugiere que una buena sinergia entre la movilidad de las articulaciones vecinas y entre la musculatura agonista y antagonista, es clave para ejecutar movimientos que requieren más de un eje de movimiento [22].

En cuanto a la prueba de Impingement, también se obtuvieron resultados positivos. Tras la intervención de movilidad, aumentó el rango articular de los movimientos del hombro, lo que podría explicar la disminución de la fricción entre los tendones del manguito rotador, pectoral y porción larga del bíceps lo que generaría un mayor espacio subacromial. Esta reducción del síndrome de pinzamiento es coherente con los hallazgos de otros estudios, como el de Michener y cols. [42], que resaltan la importancia de la movilidad para aliviar la compresión tendinosa y mejorar la función articular.

Estos resultados, tomados en conjunto y junto al estudio de Andersen y cols [39], permiten afirmar que una intervención bien planificada, incluso en una duración corta como cuatro semanas, puede tener impacto positivo tanto en indicadores subjetivos (dolor) como objetivos (tests clínicos y ROM). Además, refuerzan el valor de las estrategias preventivas en entornos como el Cross Training, donde la repetición de patrones técnicos exigentes puede comprometer la salud articular si no se acompaña de una preparación adecuada.

## **LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO**

Se encontraron algunas limitaciones relevantes para poder interpretar correctamente los resultados obtenidos:

1. A pesar de que hubo diferencias significativas en las variables estudiadas, los resultados obtenidos fueron a corto plazo, por lo que no se puede ver el efecto que tiene la intervención a largo plazo.
2. El tamaño de la muestra fue limitado y por conveniencia.
3. Ausencia de un grupo control para poder determinar si el programa de movilidad es la causa de los resultados obtenidos o simplemente es el seguir entrenando.

Pese a sus limitaciones, este estudio también tiene importantes fortalezas:

1. La valoración e intervención realizadas fueron completas e integrales, considerando a los participantes como una sola unidad, en la que una adaptación en una articulación o zona del cuerpo puede interferir en la distancia generando un bloqueo o limitación en otra zona.
2. La intervención fue realizada por un profesional especializado adaptando siempre los ejercicios a las limitaciones y características de cada participante.

## CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos en el estudio remarcan que la movilidad es una herramienta eficaz en la disminución del dolor y aumento del rango de movilidad en personas que practican Cross Training y tienen dolor de hombro y practican Cross Training. Es importante diseñar programas de movilidad globales y tridimensionales con el fin de evitar compensaciones musculares y articulares, y garantizar una correcta técnica y ejecución en los ejercicios específicos del deporte. Esta aproximación integral contribuye a mejorar la función articular y a prevenir futuras lesiones.

Desde un punto de vista práctico, los resultados sugieren que entrenadores y profesionales de la salud deberían incorporar programas de movilidad global en las rutinas de entrenamiento de atletas de Cross Training, especialmente aquellos con síntomas de dolor de hombro. Además, esta intervención propuesta es sencilla, de bajo coste y fácil aplicación lo cual la convierte en una opción viable para los boxes de Cross Training sin necesidad de equipamiento complejo.

Sería interesante realizar un diseño experimental más robusto con una muestra más amplia ya que es una limitación importante en el estudio, así como la ausencia de grupo control.

Este estudio reafirma una vez más la relación que existe entre movilidad articular, dolor y entrenamiento, proponiendo una herramienta práctica, sencilla y segura para mejorar en el ámbito de la salud deportiva.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Claudino JG, Gabbett TJ, Bourgeois F, de Sá Souza H, Miranda RC, Mezêncio B, et al. CrossFit overview: systematic review and meta-analysis. *Sports Med Open*. 2018;4(1):11.
- 2 Hak PT, Hodzovic E, Hickey B. The nature and prevalence of injury during CrossFit training. *J Strength Cond Res*. In press. doi:10.1519/JSC.0000000000000318.
- 3 Peso Delgado AD. Evolución de la condición física a través del CrossFit. [Tesis]. Madrid: Universidad Complutense; 2016.
- 4 Rios M, Pyne DB, Fernandes RJ. The effects of CrossFit practice on physical fitness and overall quality of life. *Int J Environ Res Public Health*. 2025;22(1):19.
- 5 Glassman G. What is fitness. *CrossFit J*. 2002;1(3):1-11.
- 6 Moreno JA, Martinez A. Importancia de la Teoría de la Autodeterminación en la práctica físico-deportiva: Fundamentos e implicaciones prácticas. *Cuad Psicol Deporte*. 2006;6(2):39-54.
- 7 González-Ríos M, Herrera-Rodríguez J, Sánchez-Sánchez D. Relación entre dolor, movilidad articular y rendimiento en deportes de alta exigencia física. *Rev Mex Med Deport*. 2013;29(1):5-9.
- 8 Minghelli B, Vicente P. Musculoskeletal injuries in Portuguese CrossFit practitioners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(7):1213-1220.
- 9 Klimek C, Ashbeck C, Brook AJ, Durall C. Are injuries more common with CrossFit training than other forms of exercise? *J Sport Rehabil*. 2018;27(3):295-299. doi:10.1123/jsr.2016-0040.
- 10 Grier T, Canham-Chervak M, McNulty V, Jones BH. Extreme conditioning programs and injury risk in a US Army Brigade Combat Team. *US Army Med Dep J*. 2013 Oct-Dec:36-47.
- 11 Weisenthal BM, Beck CA, Maloney MD, DeHaven KE, Giordano BD. Injury rate and patterns among CrossFit athletes. *Orthop J Sports Med*. 2014;2(4):2325967114531177. doi:10.1177/2325967114531177.
- 12 Meyer J, Morrison J, Zuniga J. The benefits and risks of CrossFit: a systematic review. *Workplace Health Saf*. 2017;65(12):612-618. doi:10.1177/2165079916685568.
- 13 Dominski FH, Siqueira TC, Serafim TT, Andrade A. Perfil de lesões em praticantes de CrossFit: revisão sistemática. *Fisioter Pesqui*. 2018;25(2):229-239.
- 14 Minghelli B, Vicente P. Musculoskeletal injuries in Portuguese CrossFit practitioners. *J Sports Med Phys Fitness*. 2019;59(7):1213-1220. doi:10.23736/S0022-4707.19.09367-8.
- 15 da Costa TS, Louzada CTN, Miyashita GK, da Silva PHJ, Sungaila HYF, Lara PHS, et al. CrossFit: injury prevalence and main risk factors. *Clinics (Sao Paulo)*. 2019;74:e1402. doi:10.6061/clinics/2019/e1402.
- 16 Astudillo A, Miranda V, Albarracín G, Francisco J. Lesiones musculares deportivas: correlación entre anatomía y estudio por imágenes. *Rev Chil Radiol*. 2018;24(1):22-33.
- 17 Summitt RJ, Cotton RA, Kays AC, Slaven EJ. Shoulder injuries in individuals who participate in CrossFit training. *Sports Health*. 2016;8(6):541-546. doi:10.1177/1941738116666073.

- 18 Carbone S, Candela V, Gumina S. High rate of return to CrossFit training after arthroscopic management of rotator cuff tear. *Orthop J Sports Med.* 2020;8(4).
- 19 Bernstorff MA, Schumann N, Schwake L, Somberg O, Balke M, Schildhauer T, et al. Shoulder pathologies in CrossFit: a magnetic resonance imaging study of 51 cases. *J Sports Med Phys Fitness.* 2024;64(5):475-482.
- 20 Szajkowski S, Dwornik M, Pasek J, Cieślak G. Risk factors for injury in CrossFit: a retrospective analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(3):2211.
- 21 Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud (IACS). Comité de Ética de la Investigación de Aragón (CEICA) [Internet]. Zaragoza: IACS; [citado 2025 abr 24]. Disponible en:
- 22 Mantilla Toloza SC, Gómez-Conesa A. El Cuestionario Internacional de Actividad Física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física y ejercicio poblacional. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol.* 2007;10(1):48-52. Disponible en:
- 23 Kaszyński J, Baka C, Białecka M, Lubiowski P. Shoulder Range of Motion Measurement Using Inertial Measurement Unit-Concurrent Validity and Reliability. *Sensors (Basel).* 2023 Aug 29 23(17):7499. doi: 10.3390/s23177499. PMID: 37687955; PMCID: PMC10490745.
- 24 Bullock GS, Faherty MS, Ledbetter L, Thigpen CA, Sell TC. Shoulder Range of Motion and Baseball Arm Injuries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Athl Train.* 2018 Dec;53(12):1190-1199. doi: 10.4085/1062-6050-439-17. Epub 2018 Dec 7. PMID: 30525937; PMCID: PMC6365063.
- 25 Pérez Valentín AB. Complejo articular del hombro. Evaluación, ejercicio terapéutico y terapia manual. 1ª ed. Alcalá de Henares: Formación Alcalá; 2021. 88 p. ISBN 978-84-18418-59-4.
- 26 Suárez-Sanabria N, Osorio-Patiño AM. Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. *Rev CES Med.* 2013;27(2):205-217.
- 27 Lumley JSP. Surface anatomy : the anatomical basis of clinical examination. Edinburgh; New York: Churchill Livingstone; 2002.
- 28 Rockwood CA, Frederick A, Matsen III, Wirt MA, Lippitt SB. Hombro. Madrid; 2006: 150-81.
- 29 Hoppenfeld S. Exploración física de la columna vertebral y las extremidades. Nueva York; 2000: 1-59.
- 30 Martínez-Gómez D, Martínez-de-Haro V, Pozo T, Welk GJ, Villagra A, Calle ME, et al. Fiabilidad y validez del cuestionario de actividad física y ejercicio PAQ-A en adolescentes españoles. *Rev Esp Salud Publica.* 2009;83(3):427-439. Disponible en:
- 31 Wong, A. Y. L., et al. (2017). Thoracic spine mobility and shoulder function: Implications for overhead athletes. *Manual Therapy*, 26, 101–109
- 32 Lehman, G. J. (2005). Clinical tips: Improving thoracic rotation. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9(2), 111–116.
- 33 Sahrmann, S. A. (2002). *Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes.* Elsevier Health Sciences.

- 34 Cools, A. M., et al. (2015). Shoulder injuries in overhead athletes: Biomechanics, screening, and treatment. *British Journal of Sports Medicine*, 49(5), 329–335.
- 35 Kibler, W. B., & McMullen, J. (2003). Scapular dyskinesis and its relation to shoulder pain. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 11(2), 142–151.
- 36 Weisenthal, B. M., et al. (2014). Injury rate and patterns among CrossFit athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 2(4), 2325967114531177
- 37 CrossFit (ed.). La guía de entrenamiento del Nivel 1 CrossFit [Internet]. 2017 [citado 2025 Abr 27]. Disponible en: [https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ\\_CourseTrainingGuide\\_L1\\_Spanish.pdf](https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_CourseTrainingGuide_L1_Spanish.pdf)
- 38 Tahrán Ö, Yeşilyaprak SS. Effects of modified posterior shoulder stretching exercises on shoulder mobility, pain, and dysfunction in patients with subacromial impingement syndrome. *Sports Health*. 2020;12(2):139–48. doi:10.1177/1941738119900532.
- 39 Laudner KG, Compton BD, McLoda TA, Walters CM. Acute effects of instrument assisted soft tissue mobilization for improving posterior shoulder range of motion in collegiate baseball players. *Int J Sports Phys Ther*. 2014;9(1):2-10.
- 40 Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. *Human Kinetics*; 2016.
- 41 Pérez-Soriano P, et al. Efectos de un programa de estiramientos en el rango de movimiento del hombro en deportistas de élite. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*. 2017;17(66):421-433
- 42 Michener LA, McClure PW, Karduna AR. Anatomical and biomechanical mechanisms of subacromial impingement syndrome. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2004;19(5):400-407.

## ANEXOS

## ANEXO I. CEICA



Dictamen Favorable

C.I. PI25/114

26 de marzo de 2025

CEIC Aragón (CEICA)

Dña. María González Hinjos, Secretaria del CEIm Aragón (CEICA)

## CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 26/03/2025, Acta Nº 06/2025 ha evaluado la propuesta del Trabajo:

**Título: Efectos de una intervención de movilidad en la composición corporal y el dolor de hombro en atletas de crossfit: estudio sobre la mejora de la calidad muscular y la condición física**

**Estudiantes: MARINA CABRERO LÓPEZ; INÉS CARRERA MASIÁ; ANNE ARISTU**

**Tutores: Germán Vicente Rodríguez, Gabriel Lozano Berges**

**Versión protocolo: Versión 2, 06/03/2024**

**Versión de documento de información y consentimiento: Versión 2, 06/03/2024**

2º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables.
- El Tutor/Director garantiza la confidencialidad de la información, la obtención de los consentimientos informados, el adecuado tratamiento de los datos en cumplimiento de la legislación vigente y la correcta utilización de los recursos materiales necesarios para su realización.

3º. Por lo que este CEIC emite **DICTAMEN FAVORABLE** a la realización del trabajo.

4º. El presente dictamen favorable sólo tendrá **validez hasta la fecha declarada de final del estudio (mayo de 2025)**, la modificación de esta fecha o cualquier otra modificación sustancial de las condiciones y/o metodología respecto de la versión arriba referenciada del protocolo o del documento de información debe presentarse de nuevo a evaluación por el comité.

Lo que firmo en Zaragoza, a fecha de firma electrónica

GONZALEZ  
HINJOS MARIA -  
DNI 03857456B

Firmado digitalmente  
por GONZALEZ HINJOS  
MARIA - DNI 03857456B  
Fecha: 2025.03.28  
16:00:59 +01'00'

María González Hinjos



## ANEXO II. AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE LA PERSONA RESPONSABLE DEL FITNESS DR.

### **AUTORIZACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN EL CENTRO**

Yo, Diego Rábano Sánchez con DNI 18054265R, responsable de Fitness DR, situado en la Ronda de la Industria (Huesca), tras la información previa recibida; autorizo a Anne Aristu con DNI 73480146E, Marina Cabrero con DNI 18061477Z e Inés Carrera con DNI 47823320H, alumnas de la Universidad de Zaragoza, en el Máster Universitario en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud, a realizar en este centro las evaluaciones requeridas para sus Trabajos de Fin de Máster.

En Huesca a 09 de Marzo de 2025



Firma:



## ANEXO III. HOJA VALORACIÓN PARTICIPANTE

VALORACIÓN INICIAL			Nombre y apellidos del sujeto a evaluar: Fecha de la valoración: Hora del día de la valoración: Hombro doloroso:							
INSPECCIÓN	Relieves óseos anormales		Atrofia muscular		Inflamación		Cicatrices			
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO		
PALPACIÓN	Estructuras óseas y partes blandas									
	SIMETRÍA					ASIMETRÍA				
MOVILIDAD (activa)	Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación interna	Rotación externa	Flexión horizontal: (Desde retro posición y hasta máxima anteposición)			
MOVILIDAD (pasiva)	Flexión	Extensión	Abducción	Aducción	Rotación interna	Rotación externa	Flexión horizontal: (Desde retro posición y hasta máxima anteposición)			
CODMANN	SI					NO				
APLEY	SI					NO				
IMPIGMENT	SI					NO				
DOLOR (EVA)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MANIOBRAS DE EXPLORACIÓN ESPECÍFICA: (Si son necesarias nombrar cuales se han realizado)										
EXPLORACIÓN NEUROLÓGICA										
ECOGRAFÍA	Hombro doloroso					Hombro no doloroso				