



FUNDACIÓN H. A.  
**BARCELÓ**  
FACULTAD DE MEDICINA



# TRABAJO DE INVESTIGACIÓN FINAL

## CARRERA: LIC. KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

DIRECTOR DE LA CARRERA: Castagnaro, Diego.

NOMBRE Y APELLIDO DEL AUTOR / LOS AUTORES:

Arreaz Prieto, Juan Andrés.

TÍTULO DEL TRABAJO: Protocolo de fortalecimiento de grip para la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de crossfit amateur.

SEDE: Buenos Aires

DIRECTOR/A DE TIF: Bernardini, Diego.

FECHA DE PRESENTACIÓN 26/02/2026

FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO FINAL: 20/03/2026

Sede Buenos Aires  
Av. Las Heras 1907  
Tel./Fax: (011) 4800 0200  
📞 (011) 1565193479

Sede La Rioja  
Benjamín Matienzo 3177  
Tel./Fax: (0380) 4422090 / 4438698  
📞 (0380) 154811437

Sede Santo Tomé  
Centeno 710  
Tel./Fax: (03756) 421622  
📞 (03756) 15401364



FUNDACIÓN H. A.  
**BARCELÓ**  
FACULTAD DE MEDICINA

***Protocolo de fortalecimiento  
de grip para la prevención de  
lesiones tendinosas de  
muñeca en atletas de  
crossfit amateur***

Alumno: Juan Andrés Arraez Prieto  
Asesor: Cristian López  
Fecha: 26/02/2026

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>ABSTRACT</b> .....	4
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	14
<b>OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	16
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	17
<b>METODOLOGÍA Y MATERIALES</b> .....	18
<b>RESULTADOS</b> .....	27
<b>DISCUSIÓN</b> .....	32
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	34
<b>ANEXOS</b> .....	36
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	41

# **Protocolo de fortalecimiento de grip para la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de crossfit amateur**

## **RESUMEN**

El CrossFit es una disciplina de entrenamiento de alta intensidad que combina levantamientos olímpicos, ejercicios gimnásticos y trabajo metabólico, con una elevada demanda de agarre, tracción y soporte de peso sobre las manos. En este contexto, la muñeca cumple un rol clave en la transmisión de fuerzas, lo que puede favorecer sobrecargas repetitivas sobre tendones flexores y extensores. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia de un protocolo de fortalecimiento del grip sobre variables asociadas a la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur.

Se realizó un estudio cuantitativo aplicado, pre-experimental, con diseño pretest-postest en un solo grupo. La muestra estuvo compuesta por 25 atletas masculinos (18-35 años), con al menos 6 meses de práctica continua y frecuencia mínima de 3 entrenamientos semanales. La intervención se aplicó durante ocho semanas, con tres sesiones por semana, e incluyó movilidad, ejercicios para flexores y extensores de muñeca/dedos, trabajo de estabilidad en carga y estiramientos finales.

Las mediciones se realizaron antes y después del protocolo mediante dinamometría de prensión manual, Test de Watson, Joint Position Sense Test (JPST) y Handgrip Endurance Test al 40% de la fuerza máxima. Tras la intervención, la fuerza máxima de prensión aumentó de  $46,2 \pm 6,8$  kg a  $54,7 \pm 7,1$  kg (+18,4%). La resistencia del agarre se incrementó de  $41,3 \pm 8,5$  s a  $57,9 \pm 9,2$  s (+40,2%). El error propioceptivo (JPST) disminuyó de  $5,8^\circ \pm 1,4$  a  $3,1^\circ \pm 1,1$  (-46,5%). La positividad del Test de Watson se redujo de 40% a 16%.

Los hallazgos sugirieron que un protocolo estructurado de fortalecimiento del grip, complementado con estabilidad y control neuromuscular, se asoció con mejoras funcionales relevantes para la prevención de sobrecargas tendinosas de muñeca en CrossFit amateur.

Palabras clave: CrossFit, fuerza de grip, muñeca, propiocepción, prevención, tendinopatía.

# ABSTRACT

CrossFit is a high-intensity training modality that combines Olympic weightlifting, gymnastic-based exercises, and metabolic conditioning, with high demands on gripping, pulling, and weight-bearing through the hands. In this context, the wrist plays a key role in force transmission, which may contribute to repetitive overload of wrist flexor and extensor tendons. Therefore, the aim of this study was to determine the influence of a grip-strengthening protocol on variables associated with the prevention of wrist tendinous injuries in amateur CrossFit athletes.

A quantitative applied, pre-experimental study was conducted using a single-group pretest–posttest design. The sample included 25 male amateur CrossFit athletes aged 18–35 years, with at least 6 months of continuous practice and a minimum training frequency of three sessions per week. The intervention was implemented over eight weeks, three times per week, and included mobility work, exercises targeting wrist and finger flexors and extensors, progressive weight-bearing stability drills, and cool-down stretching.

Outcome measures were collected before and after the protocol using handgrip dynamometry (maximal grip strength), the Watson test (clinical wrist stability), the Joint Position Sense Test (JPST; proprioceptive accuracy), and a Handgrip Endurance Test performed at 40% of maximal grip strength. After the intervention, maximal grip strength increased from  $46.2 \pm 6.8$  kg to  $54.7 \pm 7.1$  kg (+18.4%). Grip endurance time increased from  $41.3 \pm 8.5$  s to  $57.9 \pm 9.2$  s (+40.2%). Proprioceptive repositioning error decreased from  $5.8^\circ \pm 1.4$  to  $3.1^\circ \pm 1.1$  (-46.5%). Watson test positivity decreased from 40% to 16%.

The findings suggested that a structured grip-strengthening protocol combined with stability and neuromuscular control training was associated with meaningful functional improvements potentially relevant to preventing wrist tendon overload in amateur CrossFit athletes.

Keywords: CrossFit, grip strength, wrist, proprioception, prevention, tendinopathy.

# INTRODUCCIÓN

## MARCO TEÓRICO

El CrossFit es una disciplina de entrenamiento de alta intensidad que combina levantamiento olímpico, ejercicios gimnásticos y actividades metabólicas, con el objetivo de desarrollar múltiples capacidades físicas como fuerza, resistencia cardiorrespiratoria, potencia, agilidad y coordinación dentro de una misma sesión de trabajo. Su estructura metodológica se fundamenta en la ejecución de movimientos funcionales, variados y ejecutados a alta intensidad, lo que lo diferencia de los modelos tradicionales de entrenamiento que suelen segmentar las cualidades físicas. Este enfoque fue desarrollado en la década de 1990 por Greg Glassman, quien planteó un método orientado al rendimiento global y aplicable a diferentes poblaciones, desde deportistas hasta personas sin experiencia previa.

En términos operativos, el CrossFit se organiza a través de sesiones guiadas en centros llamados “boxes”, en las cuales los participantes realizan calentamiento, aprendizaje técnico y un bloque principal denominado Workout of the Day (WOD). Estos entrenamientos están basados en combinaciones de levantamiento olímpico —como clean, jerk o snatch— ejercicios gimnásticos —como pull ups, muscle ups, handstands— y trabajo metabólico —como rowing, running, burpees o double unders. La integración de estas demandas genera adaptaciones tanto neuromusculares como cardiovasculares, potenciando la capacidad física general.

En los últimos años, el CrossFit ha experimentado un crecimiento sostenido en Argentina, consolidándose como una de las disciplinas de acondicionamiento más populares entre adultos jóvenes y deportistas recreativos. Su llegada se dio inicialmente en grandes centros urbanos y posteriormente se expandió hacia ciudades intermedias del interior del país, acompañada por la apertura de boxes oficiales y la formación de comunidades de entrenamiento organizadas. Diversos medios han documentado este crecimiento y la popularización del fenómeno en el país, destacando que la disciplina es elegida no solo por su perfil competitivo, sino también por su capacidad de generar adherencia, socialización y mejoras en la condición física general. (El País, 2024).

Desde el punto de vista del rendimiento y la salud, el CrossFit implica una elevada carga mecánica debido a la combinación de ejercicios de alta intensidad, repetición frecuente de patrones motores y utilización de cargas externas. Esto ha motivado la realización de

investigaciones científicas orientadas a conocer la prevalencia de lesiones asociadas a su práctica. Estudios han reportado que las regiones anatómicas más afectadas suelen ser el hombro, la columna lumbar, las rodillas y las muñecas, siendo estas últimas particularmente expuestas debido a su participación en movimientos de levantamiento, soporte de peso y tracción. Investigaciones realizadas sobre muestras de practicantes adultos han señalado que la prevalencia de lesiones puede oscilar entre el 19% y el 30% según la intensidad, frecuencia de entrenamiento y experiencia del practicante (Gean et al., 2020).

Otro aspecto relevante es que no solo la intensidad y volumen influyen en la aparición de lesiones, sino también el dominio técnico, la movilidad articular y la capacidad de fuerza. De acuerdo con estudios epidemiológicos, la falta de supervisión, la ausencia de intervención fisioterapéutica y el entrenamiento con fatiga son factores que aumentan el riesgo lesional. En el caso particular de la muñeca, su participación en posiciones de soporte de peso —como handstand push ups o handstand walks— y en tareas de agarre prolongado —como pull ups o rope climbing— genera tensiones repetidas sobre los tendones flexores y extensores del antebrazo, pudiendo favorecer procesos de sobrecarga y alteraciones tendinosas en practicantes principiantes y avanzados.

En función de lo anterior, el CrossFit constituye una disciplina con un balance complejo entre beneficios fisiológicos significativos y exigencias mecánicas elevadas, lo cual justifica el interés por el diseño de estrategias preventivas orientadas al cuidado de la salud musculoesquelética, particularmente en estructuras altamente demandadas como la muñeca. Este tipo de abordajes no solo es útil para disminución de riesgo de lesión, sino también para la optimización del rendimiento y la continuidad deportiva de los practicantes.

### *Competición en CrossFit: Formato y Estructura*

Las competiciones de CrossFit constituyen un modelo particular dentro del ámbito del entrenamiento funcional de alta intensidad, ya que buscan evaluar múltiples capacidades físicas en un entorno competitivo. A diferencia de los deportes tradicionales con un reglamento fijo basado en tareas específicas, en CrossFit las competiciones se estructuran mediante eventos (denominados *WODs*) que combinan fuerza, resistencia, potencia, agilidad, coordinación y habilidades gimnásticas en distintas proporciones.

En términos generales, una competición puede presentar eventos desconocidos hasta el momento de la prueba o divulgarse con anticipación. Esta característica tiene como

finalidad evaluar no solo la capacidad física, sino también la adaptabilidad del atleta frente a distintos estímulos y demandas.

## *Modalidades de participación*

Las competiciones de CrossFit pueden adoptar tres tipos principales de formatos según la modalidad de participación:

1. Individual
2. Equipos
3. Parejas (o duplas)

Cada uno posee características particulares.

### *1. Competencias individuales*

Es el formato más tradicional. Cada competidor realiza todos los eventos asignados y clasifica según su desempeño. Este formato busca medir la capacidad física total del individuo mediante una variedad de tareas que pueden incluir:

- Levantamientos Olímpicos (snatch, clean & jerk)
- Ejercicios gimnásticos (pull ups, muscle ups, handstand walks)
- Trabajos metabólicos (rowing, running, biking, burpees)
- Cargas externas (yoke carry, kettlebells, sandbags)

Este modelo es el que se emplea en las competencias de mayor prestigio internacional como los CrossFit Games, donde se define al “fittest on Earth”.

### *2. Competencias por equipos*

Las competencias por equipos pueden incluir desde equipos mixtos hasta equipos de categoría separada por sexo o edad. Un equipo estándar suele estar compuesto por dos o más atletas según el reglamento específico del evento. La dinámica de trabajo puede variar entre:

- Relevos (cada atleta completa parte de la prueba)
- Trabajo simultáneo (varios miembros realizan diferentes ejercicios al mismo tiempo)
- Trabajo sincronizado (todos los miembros deben ejecutar repeticiones coordinadas)

Este formato introduce una dimensión estratégica y colaborativa, ya que los atletas deben distribuir cargas, habilidades y tiempos con el objetivo de maximizar el rendimiento colectivo.

### *3. Competencias en parejas (duplas)*

Las competencias en pareja funcionan como un punto intermedio entre lo individual y el equipo. Suelen organizarse en:

- Duplas masculinas
- Duplas femeninas
- Duplas mixtas

Las tareas pueden dividirse por habilidad (por ejemplo, uno realiza la parte gimnástica y otro la de fuerza), o pueden ser sincronizadas, dependiendo del reglamento.

### *Formato de los eventos y progresión*

Dentro de una competición, los eventos pueden adoptar distintos formatos temporales:

- AMRAP (As Many Rounds/Reps As Possible)
- EMOM (Every Minute On the Minute)
- For Time (completar un volumen en el menor tiempo posible)
- Max Lift (levantamientos máximos, como snatch o clean & jerk)
- Intervalos (trabajo y descanso predeterminados)
- Chippers (gran volumen de repeticiones a completar una sola vez)

El número de eventos puede variar entre una jornada (competencias locales) hasta tres o más días (competencias regionales o internacionales).

### *Contexto competitivo dentro de la disciplina*

A nivel internacional existen varios niveles de competencia:

- Competencias locales o “throwdowns” en boxes o gimnasios
- Competencias nacionales o regionales
- Semifinales clasificatorias
- CrossFit Open
- CrossFit Games

Este último nivel constituye el máximo exponente competitivo, aunque no todos los practicantes participan de esta estructura, ya que una gran proporción compite en eventos locales o regionales, mientras que otros solo realizan CrossFit en un contexto recreativo.

### *Fuerza de grip y salud musculoesquelética*

En el contexto de las demandas funcionales del CrossFit, la fuerza de prensión manual (fuerza de grip) se ha posicionado como un indicador relevante de salud musculoesquelética y rendimiento en tareas que involucran agarre, tracción y estabilización de la mano y muñeca. Dicha capacidad depende de la participación sinérgica de los músculos flexores y extensores del antebrazo, la estabilidad intercarpiana y el control neuromuscular, elementos que condicionan la transmisión de fuerzas entre el miembro superior y los implementos utilizados en el entrenamiento (Zhang et al., 2023). Este parámetro se ha utilizado tanto en investigación clínica como en ámbitos deportivos por su relación con la función de la mano, la capacidad de manipulación de objetos y el desempeño en actividades que requieren tracción o sostén.

Diversos estudios recientes han demostrado que programas de entrenamiento orientados al fortalecimiento específico de la prensión manual no solo incrementan la fuerza isométrica del agarre, sino que también mejoran la estabilidad articular y reducen el dolor crónico de muñeca, evidenciando el impacto que puede tener esta capacidad en el bienestar del aparato locomotor superior (Hong et al., 2024). En términos de adaptaciones fisiológicas, se han documentado mejoras en el torque de flexores y extensores, en el control motor y en la resistencia del antebrazo luego de intervenciones centradas en muñeca y mano, tanto en población general como en deportistas (Chu et al., 2018; Szymanski et al., 2004; Shimose, 2011). Estas evidencias respaldan el rol del entrenamiento orientado al grip como estrategia preventiva y terapéutica para patologías asociadas al sobreuso.

### *Importancia de la propiocepción y el control neuromuscular*

Además de la fuerza, la propiocepción cumple un papel fundamental en la estabilidad dinámica de la muñeca. Se entiende por propiocepción la capacidad del sistema neuromuscular para detectar la posición articular y responder mediante ajustes automáticos que favorecen el control del movimiento. Tras lesiones tendinosas o procesos inflamatorios,

esta capacidad puede verse comprometida, alterando la estabilidad carpiana y la respuesta adaptativa ante cargas externas (Tseng et al., 2020; Hagert, 2024). En escenarios de alta exigencia como el CrossFit, donde la muñeca funciona como estructura de sostén, transmisión de fuerza y agarre, un déficit propioceptivo puede incrementar el riesgo de tendinopatías, tenosinovitis y microinestabilidad.

La literatura sobre rehabilitación sensoriomotora indica que la integración de ejercicios propioceptivos, de estabilidad y de control neuromuscular produce beneficios concretos en variables como dolor, función y fuerza de prensión, especialmente en patologías de la mano y muñeca (Sánchez-Montoya et al., 2023; Chen, 2021; Chen, 2022; Larsson et al., 2023). Estas conclusiones coinciden con revisiones sistemáticas que avalan la efectividad del ejercicio terapéutico en tendinopatías tanto de la extremidad superior como inferior (Cordella et al., 2023; Menta et al., 2015), reforzando la necesidad de considerar el componente propioceptivo como parte del entrenamiento preventivo y no solo en procesos de rehabilitación.

### *Perfil del practicante y demandas funcionales*

Los practicantes de CrossFit pueden diferenciarse funcionalmente según las capacidades predominantes que desarrollan. El perfil orientado a la fuerza prioriza los levantamientos con barra y los movimientos explosivos, demandando rangos amplios de extensión de muñeca, estabilidad carpiana y tolerancia a cargas elevadas. El perfil centrado en la gimnasia enfatiza el control corporal y la fuerza relativa en ejercicios como handstand push-ups o muscle-ups, donde la muñeca soporta cargas axiales repetidas en extensión. Por último, el perfil orientado al acondicionamiento metabólico acumula volumen mediante ejercicios cíclicos y mixtos, lo que si bien no constituye la mayor exigencia mecánica para la muñeca, puede generar fatiga musculotendinosa en agarres y apoyos repetidos (Rettig, 2001).

Independientemente del perfil predominante, la muñeca cumple simultáneamente funciones de estabilización, soporte de peso, transferencia de fuerzas y agarre. Estas demandas repetitivas pueden favorecer procesos de sobrecarga mecánica y fatiga tisular, particularmente en los tendones flexores y extensores del antebrazo, explicando la aparición de tendinopatías en practicantes aficionados y competitivos (Rettig, 2001).

## *Principales tipos de tendinopatías de la muñeca*

Las tendinopatías constituyen un conjunto de disfunciones músculo tendinosas asociadas a microtraumatismos repetitivos, sobrecarga mecánica o alteraciones biomecánicas. En la muñeca, estas condiciones afectan con frecuencia a los tendones flexores y extensores debido a su rol en el agarre, la estabilización carpiana y la transmisión de cargas durante actividades funcionales (Rettig, 2001).

### *Tendinopatías del sistema flexor*

Los tendones flexores permiten la flexión de muñeca y dedos, siendo esenciales para el agarre y la manipulación fina. En contextos deportivos como el CrossFit, los flexores participan en ejercicios de tracción y suspensión —como pull-ups, toes-to-bar, muscle-ups, rope climbs, kettlebell swings o en levantamientos con barra— donde se exige contracción sostenida y repetitiva. Esta exposición mecánica puede producir microlesiones en el colágeno tendinoso, dando lugar a dolor medial de muñeca, pérdida de fuerza de prensión y disminución del desempeño del agarre.

### *Tendinopatías del sistema extensor*

Los tendones extensores intervienen en la extensión de muñeca y dedos, así como en la estabilización dorsal del carpo durante posiciones de apoyo o carga axial sobre las manos. En ejercicios como handstand walks, handstand push-ups o burpees, la muñeca se ubica repetidamente en extensión forzada, generando estiramiento mecánico y compresión dorsal. Esta solicitud puede inducir procesos inflamatorios o degenerativos en los tendones extensores, manifestándose como dolor dorsal, disminución de tolerancia a la carga y limitación de movimientos que requieren soporte de peso.

### *Tenosinovitis*

La tenosinovitis corresponde a la inflamación de la vaina sinovial que envuelve al tendón, interfiriendo con su desplazamiento y generando dolor durante el movimiento. Una de las formas más frecuentes es la tenosinovitis de De Quervain, que afecta la vaina del abductor

largo del pulgar y extensor corto del pulgar, provocando dolor radial al realizar presión o desviación radial repetida (Satteson & Tannan, 2025).

### *Relación funcional con el deporte*

Los tres cuadros descritos comparten como factor mecánico común la repetición de cargas, especialmente en actividades que implican agarre sostenido, suspensión, extensión forzada y soportes de peso sobre las manos. En deportes con alta demanda del miembro superior como el CrossFit, estas alteraciones pueden disminuir la tolerancia al esfuerzo, afectar la continuidad del entrenamiento y comprometer el rendimiento deportivo, lo que resalta la necesidad de estrategias preventivas basadas en fortalecimiento, control de carga, estabilidad y propiocepción.

### *Anatomía funcional de la muñeca*

Desde una perspectiva funcional, la muñeca constituye el nexo entre antebrazo y mano, permitiendo movimientos finos y resistiendo cargas en múltiples direcciones. Está conformada por la extremidad distal del radio y la ulna, ocho huesos del carpo distribuidos en dos filas, el complejo ligamentoso, el complejo fibrocartilaginoso triangular (TFCC), los sistemas musculotendinoso flexor y extensor, así como la inervación y vascularización correspondientes (Eschweiler et al., 2022).

### *Sistema óseo*

La fila proximal del carpo incluye escafoides, semilunar, piramidal y pisiforme, mientras que la fila distal está conformada por trapecio, trapezoide, hueso grande y ganchoso. Esta configuración en doble fila permite un equilibrio entre estabilidad y movilidad, siendo el escafoides y el semilunar claves en la transmisión de cargas hacia el antebrazo. La ulna no se articula directamente con el carpo, sino que se vincula a través del TFCC.

## *Sistema articular y ligamentoso*

Las principales articulaciones son la radiocarpiana, la mediocarpiana y las intercarpianas. El complejo ligamentoso se divide en ligamentos intrínsecos —que conectan huesos carpianos entre sí— y extrínsecos —que conectan el carpo con radio, ulna y metacarpianos—. Estructuras como el ligamento escafolunar y los ligamentos radiocarpianos dorsales y palmares son fundamentales para la estabilidad. La alteración ligamentosa puede generar inestabilidad carpiana y aumentar el estrés tendinoso (Eschweiler et al., 2022).

## *Complejo fibrocartilaginoso triangular (TFCC)*

El TFCC está conformado por el disco fibrocartilaginoso, ligamentos ulno-carpianos, la vaina del extensor cubital y recesos sinoviales. Sus funciones incluyen la estabilización de la articulación radioulnar distal, la distribución de cargas axiales y la asistencia en la pronosupinación. Su compromiso es clínicamente relevante en tareas de soporte y desviación cubital como las presentes en CrossFit (Eschweiler et al., 2022).

## *Sistema musculotendinoso*

Los músculos flexores del antebrazo —como FCR, FCU, FDS, FDP y FPL— actúan en la prensión, tracción y suspensión, siendo fundamentales para el grip. Los extensores —como ECRL, ECRB, ECU, ED, APL y EPB— participan en la estabilización dorsal del carpo, especialmente en apoyo axial y levantamientos. La coactivación equilibrada entre ambos grupos contribuye a la estabilidad dinámica.

## *Inervación y vascularización*

La muñeca recibe inervación sensitivo-motora de los nervios mediano, cubital y radial, esenciales para el control motor fino y la propiocepción. La irrigación segmentaria proviene de ramas de la arteria radial y ulnar, condicionando la capacidad de reparación tisular (Rapp & Soos, 2025).

## *Biomecánica aplicada al CrossFit*

La muñeca participa activamente en levantamientos con barra, apoyos gimnásticos, tracción con agarre y movimientos en suspensión. En levantamientos como clean y front squat, adopta una posición front rack combinando extensión y desviación radial para estabilizar la barra. En gestos overhead como jerk o snatch, requiere control de desviaciones y estabilidad para soportar cargas verticales. En movimientos gimnásticos en apoyo —como handstand push-ups o wall walks— la muñeca se coloca en extensión forzada bajo soporte axial, aumentando el estrés sobre extensores y estructuras ligamentarias, de manera similar a lo descrito en los análisis biomecánicos del handstand en gimnasia (MacDonald et al., 2025).

En ejercicios de tracción como pull-ups, kettlebell swings o rope climbs, predomina el agarre en flexión con activación sostenida de los flexores y músculos intrínsecos de la mano. Finalmente, las anillas introducen inestabilidad tridimensional en muscle-ups o ring dips, demandando coactivación para la estabilización carpiana.

Las principales fuentes de sobrecarga mecánica incluyen la repetición de cargas, la extensión axial, el agarre sostenido y la micro inestabilidad carpiana. Estos mecanismos pueden inducir degeneración colágena, fatiga isométrica y procesos inflamatorios, constituyendo un factor de riesgo para tendinopatías flexoras, extensoras y tenosinovitis en atletas amateurs y avanzados.

## **FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las tendinopatías de muñeca constituyen un motivo frecuente de consulta en kinesiología deportiva y adquieren especial relevancia en disciplinas que combinan tracción, empuje y soporte de peso sobre las manos, como el CrossFit. Desde el punto de vista biomecánico, la muñeca funciona como un eslabón clave en la transmisión de fuerzas entre antebrazo e implementos de entrenamiento, participando en tareas de agarre, suspensión, estabilización y apoyo axial. Estas demandas favorecen la aparición de microtraumatismos repetitivos sobre los tendones flexores y extensores, pudiendo derivar en procesos de sobrecarga y tendinopatía, especialmente cuando se acumulan volúmenes elevados de entrenamiento con recuperación insuficiente (Patrick & Hammert, 2020).

En el CrossFit amateur, los atletas se exponen con frecuencia a movimientos de alta intensidad que incluyen levantamientos olímpicos, ejercicios gimnásticos en suspensión y apoyos invertidos, muchas veces sin progresiones técnicas o de carga plenamente individualizadas. La dinámica grupal y competitiva de los entrenamientos puede llevar a sostener agarres prolongados o posiciones de muñeca forzada aun bajo fatiga, incrementando la exposición a cargas repetidas en flexión, extensión y desviaciones, y elevando el riesgo de tendinopatías, tenosinovitis y dolor crónico de muñeca.

La fuerza de prensión manual (fuerza de grip) ha sido propuesta como un indicador funcional relevante para la salud musculoesquelética de la mano y muñeca, así como para el rendimiento en tareas de agarre y tracción. Esta capacidad depende de la acción coordinada de la musculatura flexora y extensora del antebrazo, de la estabilidad carpiana y del control neuromuscular. Estudios recientes muestran que intervenciones orientadas al fortalecimiento del grip y la estabilidad de muñeca pueden mejorar dolor, función y fuerza en sujetos con dolor crónico de muñeca (Hong et al., 2024). A su vez, revisiones sistemáticas señalan que los programas de ejercicio que combinan fortalecimiento y trabajo sensoriomotor constituyen una estrategia central en el abordaje conservador de las tendinopatías de mano y muñeca, aunque la evidencia disponible aún presenta limitaciones metodológicas y heterogeneidad (Cordella et al., 2023).

Además del componente de fuerza, la propiocepción desempeña un rol fundamental en la estabilidad dinámica de la muñeca. Tras lesiones tendinosas o traumatismos pueden producirse alteraciones en la percepción y control de la posición articular, afectando la coordinación y la tolerancia a la carga. Diversos trabajos han sistematizado estrategias de rehabilitación que integran ejercicios de estabilidad, control neuromuscular y entrenamiento sensoriomotor, asociándolos con mejoras en dolor, función y fuerza de prensión (Sánchez-Montoya et al., 2023; Hagert, 2024). Estos hallazgos sugieren que los programas preventivos deberían integrar tanto el fortalecimiento muscular como el entrenamiento propioceptivo.

Sin embargo, pese a la evidencia creciente sobre el ejercicio terapéutico en tendinopatías de mano y muñeca, la literatura específica en atletas de CrossFit amateur continúa siendo limitada. Los estudios disponibles suelen abordar las lesiones de forma general y no describen protocolos sistematizados de fortalecimiento de grip orientados a la prevención en esta población. Así mismo, diversas revisiones señalan que los programas de ejercicio para muñeca y mano presentan escasa estandarización en dosis, progresión y contenidos, lo que dificulta su aplicación en contextos deportivos (Cordella et al., 2023).

En consecuencia, se identifica la necesidad de estudiar si un programa específico de fortalecimiento del grip, complementado con trabajo de estabilidad y control neuromuscular, puede contribuir a reducir el riesgo de desarrollar tendinopatías en esta articulación.

## **OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### *Objetivo general*

Determinar la influencia de un protocolo de fortalecimiento de grip en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur.

### *Objetivos específicos*

- Cuantificar la fuerza máxima de prensión manual mediante dinamometría, registrando valores antes y después de la aplicación del protocolo de fortalecimiento.
- Evaluar la estabilidad articular de la muñeca mediante el Test de Watson, registrando cambios entre las evaluaciones previa y posterior a la intervención.
- Medir el control neuromuscular y la propiocepción de la muñeca mediante el Joint Position Sense Test (JPST), comparando los resultados obtenidos antes y después del protocolo.
- Determinar la resistencia muscular del agarre mediante el Handgrip Endurance Test, comparando los valores registrados en las fases pre y post intervención.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿El aumento de la fuerza de grip, a través de un protocolo específico de fortalecimiento, influye en el acondicionamiento de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur de 18 a 35 años?

# JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La fuerza de prensión manual y la estabilidad funcional de la muñeca constituyen componentes relevantes tanto para el rendimiento como para la salud musculoesquelética del miembro superior en contextos deportivos. En disciplinas con alta demanda de agarre, tracción y soporte de peso, como el CrossFit, estas capacidades influyen directamente en la eficiencia del gesto, la tolerancia a la carga y la continuidad del entrenamiento. En este marco, comprender los factores que intervienen en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca resulta fundamental para el diseño de estrategias de entrenamiento y cuidado basadas en la evidencia.

Desde el plano teórico, la presente investigación se justifica por la necesidad de profundizar en la relación entre fuerza de grip, estabilidad articular y control neuromuscular en la prevención de tendinopatías de muñeca. Si bien el ejercicio terapéutico se reconoce como una estrategia central dentro del abordaje conservador de estas patologías, revisiones recientes señalan que la evidencia específica en mano y muñeca continúa siendo limitada y presenta escasa estandarización en cuanto a dosis, progresión y contenidos de los protocolos (Cordella et al., 2023). En este sentido, estudios experimentales han mostrado que la combinación de fortalecimiento de la prensión manual con ejercicios de estabilidad de muñeca puede generar mejoras en dolor, función y fuerza en sujetos con dolor crónico, sugiriendo un potencial preventivo que aún no ha sido suficientemente explorado en poblaciones deportivas (Hong et al., 2024).

En el plano práctico, el desarrollo y evaluación de un protocolo estructurado de fortalecimiento de grip orientado a atletas de CrossFit amateur ofrece una herramienta concreta para kinesiólogos, entrenadores y otros profesionales del movimiento. Contar con una propuesta clara y sistematizada puede facilitar la incorporación de estrategias preventivas dentro de la rutina de entrenamiento, contribuyendo a reducir la incidencia de lesiones tendinosas, optimizar el rendimiento y favorecer la continuidad deportiva. En un contexto donde las cargas suelen ser elevadas y la cultura de entrenamiento prioriza el esfuerzo máximo, disponer de intervenciones fundamentadas resulta clave para equilibrar exigencia física y salud articular.

Desde una perspectiva metodológica, este estudio aporta al proponer una evaluación cuantitativa integral que contempla fuerza de prensión, estabilidad articular, control propioceptivo y resistencia muscular. La utilización de instrumentos validados como la dinamometría, el Test de Watson, el Joint Position Sense Test (JPST) y el Handgrip Endurance Test permite objetivar los cambios producidos tras la intervención y generar

datos comparables con futuras investigaciones. Esta sistematización responde a la necesidad, señalada en la literatura, de describir con mayor precisión los efectos del ejercicio terapéutico en tendinopatías de mano y muñeca (Cordella et al., 2023; Sánchez-Montoya et al., 2023).

Finalmente, desde el plano epistemológico, la investigación se inscribe dentro de la kinesiólogía deportiva aplicada, aportando evidencia sobre una articulación frecuentemente relegada frente a otras de mayor visibilidad como el hombro o la rodilla. Al centrarse en atletas de CrossFit amateur, disciplina en expansión y con alta participación recreativa, este estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre estrategias preventivas específicas y operativas. En síntesis, la relevancia del trabajo radica en su potencial para integrar fortalecimiento de grip, estabilidad y control neuromuscular como pilares en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca, ofreciendo fundamentos teóricos y prácticos para una intervención más eficaz y basada en evidencia.

## **METODOLOGÍA Y MATERIALES**

El presente estudio se desarrolló con el propósito de analizar la influencia de un protocolo de fortalecimiento de la fuerza de prensión manual (grip), complementado con ejercicios de estabilidad y control neuromuscular de la muñeca, sobre variables vinculadas a la prevención de lesiones tendinosas en atletas de CrossFit amateur.

Para ello, se diseñó un abordaje metodológico basado en la aplicación de una intervención planificada y la evaluación objetiva de sus efectos mediante pruebas funcionales estandarizadas. La recolección de datos se realizó en dos momentos temporales —previo y posterior a la implementación del protocolo— permitiendo comparar los cambios producidos en la fuerza de prensión, la estabilidad articular, el control propioceptivo y la resistencia muscular del agarre.

### **Diseño del estudio**

#### *Tipo de estudio y enfoque metodológico*

El presente trabajo se enmarca dentro de un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, orientado a desarrollar e implementar un protocolo de fortalecimiento del grip con fines preventivos sobre lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit.

El enfoque es cuantitativo debido a que la información será obtenida a partir de mediciones objetivas mediante pruebas funcionales estandarizadas, cuyos resultados se expresarán en valores numéricos susceptibles de análisis estadístico, permitiendo describir y comparar los cambios producidos tras la intervención.

### *Diseño de investigación*

El diseño corresponde a un estudio pre-experimental con esquema de medición antes-después en un solo grupo, también denominado diseño pretest-postest sin grupo control.

En una primera instancia, los participantes serán evaluados para obtener valores de línea de base en las variables de estudio. Posteriormente, se aplicará el protocolo de fortalecimiento del grip durante un período determinado y, finalizada la intervención, se realizará una segunda evaluación utilizando los mismos instrumentos, con el objetivo de analizar las modificaciones producidas.

Este diseño se caracteriza por:

- La implementación de una intervención planificada (protocolo de ejercicios de grip).
- La ausencia de asignación aleatoria de participantes.
- La inexistencia de grupo control comparativo.
- La comparación intra-sujeto de las mediciones pre y post intervención.

### **Temporalidad y carácter del estudio**

El estudio es de carácter prospectivo, dado que la recolección de datos se realizará a lo largo de un período definido, posterior a la planificación del protocolo y del plan de evaluación.

Así mismo, se considera longitudinal, ya que las variables serán medidas en dos momentos temporales (antes y después de la intervención), permitiendo observar la evolución de la fuerza de prensión manual, la estabilidad articular de la muñeca, el control neuromuscular/propiocepción y la resistencia muscular del agarre tras la aplicación del programa de fortalecimiento.

# **Población y muestra**

## *Población*

La población objetivo del presente estudio estará conformada por atletas masculinos de CrossFit que realicen entrenamiento regular en boxes o gimnasios especializados.

Esta población fue seleccionada debido a que la disciplina implica una elevada demanda de fuerza de prensión manual, así como una exposición repetitiva a cargas sobre la muñeca, factores que pueden predisponer al desarrollo de lesiones tendinosas en esta articulación.

A nivel teórico, la población se define como:

Atletas de CrossFit, de entre 18 y 35 años de edad, que entrenan de manera regular en instalaciones deportivas habilitadas dentro de la ciudad.

## *Muestra*

La muestra estará compuesta por un grupo de 25 atletas masculinos que cumplan con los criterios de inclusión establecidos y acepten participar voluntariamente en el estudio.

El método de selección será no probabilístico por conveniencia, dado que se incluirán sujetos accesibles y pertinentes para la aplicación del protocolo preventivo, considerando la disponibilidad de los participantes y la viabilidad de la intervención.

## *Criterios de inclusión*

Se incluirán en el estudio aquellos participantes que cumplan con los siguientes requisitos:

- Tener entre 18 y 35 años de edad.
- Poseer un mínimo de 6 meses de entrenamiento continuo en CrossFit.
- Asistir a entrenamientos con una frecuencia igual o superior a 3 veces por semana.
- No presentar lesiones agudas en muñeca, mano o antebrazo durante los últimos 3 meses.

- Aceptar participar voluntariamente en el estudio mediante la firma del consentimiento informado.

### *Crterios de exclusión*

Serán excluidos del estudio los atletas que presenten alguna de las siguientes condiciones:

- Lesiones traumáticas recientes en miembro superior (fracturas, esguinces, tendinopatías agudas).
- Cirugías en muñeca, mano o antebrazo dentro de los últimos 6 meses.
- Patologías neurológicas que afecten la fuerza de prensión o el control motor.
- Incapacidad para completar el proceso de evaluación o el protocolo de intervención.
- Negativa a firmar el consentimiento informado.

### *Consideraciones éticas*

El estudio se desarrollará respetando los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y las normativas vigentes para la investigación con seres humanos.

A cada participante se le brindará información detallada acerca de los objetivos, procedimientos, beneficios y posibles riesgos del estudio, garantizando la confidencialidad de los datos personales y el uso exclusivo de la información con fines académicos y científicos.

La participación será de carácter voluntario, pudiendo los sujetos retirarse del estudio en cualquier etapa sin que ello implique perjuicio alguno. Previo al inicio de las evaluaciones, todos los participantes deberán firmar el correspondiente consentimiento informado.

## **Instrumentos y procedimientos de evaluación**

Todas las evaluaciones serán realizadas por el mismo evaluador, siguiendo un protocolo estandarizado. Los participantes serán evaluados antes de iniciar la intervención y al finalizar el período del protocolo, con los mismos instrumentos.

*Dinamometría de prensión manual (fuerza máxima de grip)*

La fuerza máxima de prensión manual se evaluará mediante un dinamómetro de mano (Anexo 1) El participante será ubicado en posición estandarizada, con el brazo junto al tronco y el codo flexionado, manteniendo la muñeca en posición neutra o levemente extendida. Se solicitará realizar una contracción máxima breve (aprox. 3–5 segundos). Se efectuarán tres intentos por mano con pausas entre intentos y se registrará el mejor valor (o el promedio, según lo que decidas mantener constante en todo el estudio).

### *Test de Watson (Scaphoid Shift Test)*

La estabilidad carpiana será evaluada mediante el Test de Watson, utilizado como prueba clínica para explorar posibles alteraciones relacionadas con el complejo escafolunar. Se registrará el resultado de la maniobra en la evaluación pre y post intervención, consignando la presencia/ausencia de dolor, sensación de resalte o hallazgos compatibles con inestabilidad funcional, según el criterio clínico preestablecido.

Se realiza con el participante sentado, con el antebrazo apoyado sobre la camilla o mesa en posición neutra y la muñeca relajada.

El evaluador sujeta la muñeca con una mano, estabilizando el radio y el carpo, mientras que con el pulgar de la otra mano aplica presión sobre el tubérculo del escafoides en su cara palmar. Desde esta posición, se moviliza pasivamente la muñeca desde desviación cubital y ligera extensión hacia desviación radial y flexión, manteniendo la presión sobre el escafoides durante todo el movimiento.

El test se considera positivo cuando se reproduce dolor, sensación de resalte o subluxación palpable del escafoides, indicativa de posible inestabilidad escafolunar. En ausencia de estos signos, se registra como negativo.

### *Joint Position Sense Test (JPST)*

El control neuromuscular/propiocepción se evaluará mediante el JPST, procedimiento que valora la capacidad del sujeto para reproducir un ángulo articular objetivo sin asistencia visual. Se realizarán repeticiones estandarizadas en la misma posición corporal en ambas evaluaciones (pre y post), registrando el error de reposicionamiento (diferencia entre la posición objetivo y la reproducida), según el método de medición seleccionado (goniómetro/inclinómetro/app validada, etc.). El valor obtenido permitirá comparar el desempeño propioceptivo antes y después del protocolo.

## Handgrip Endurance Test (resistencia del agarre)

La resistencia muscular del agarre se evaluará mediante el Handgrip Endurance Test, que permite cuantificar la capacidad de sostener la fuerza de prensión en el tiempo.

Para estandarizarlo, se podrá emplear un protocolo basado en:

- Tiempo sostenido a un porcentaje de la fuerza máxima (por ejemplo 30–50% del valor del dinamómetro), o
- Un criterio de fatiga definido (por ejemplo, caída sostenida por debajo del umbral).

Se registrará el tiempo/resultado alcanzado y se comparará el rendimiento pre y post intervención.

## Intervención: protocolo de fortalecimiento del grip

Los participantes realizarán un protocolo estructurado de fortalecimiento del grip con progresión planificada, incorporando ejercicios orientados a:

- Fortalecimiento de flexores y extensores de muñeca y dedos,
- Estabilidad y coactivación del complejo muñeca–antebrazo,
- Control neuromuscular y propiocepción (trabajo sensoriomotor).

La duración del protocolo fue establecida en un período de ocho semanas, considerando que este intervalo temporal ha demostrado ser adecuado para la generación de adaptaciones neuromusculares y estructurales significativas en programas de fortalecimiento muscular. En sujetos sanos y deportistas, los ciclos de intervención de ocho semanas permiten no solo mejoras iniciales en el reclutamiento motor, sino también modificaciones en la capacidad de producción de fuerza máxima y en la tolerancia tisular frente a cargas repetitivas.

### *Protocolo de fortalecimiento de grip y muñeca*

#### **ENTRADA EN CALOR (10 minutos)**

*Objetivo: aumentar la temperatura muscular, vascularización y movilidad articular.*

Movilidad activa

- Flexión/extensión de muñeca → 2×15
- Desviación radial/cubital → 2×12
- Circunducciones → 2×10
- Activación con banda elástica
- Wrist curl banda → 2×15
- Wrist extension banda → 2×15
- Movilidad en carga progresiva
- Rocking en cuadrupedia → 2×12

### **BLOQUE FLEXOR (3 ejercicios)**

1. *Caminata de granjero (Farmer's Walk)*  
Ejecución: transporte bilateral de cargas.  
Volumen: 3×20–40 metros  
Intensidad: moderada–alta
2. *Suspensión en barra (Dead Hang)*  
Agarres: prono y neutro.  
Volumen: 3×20–30 segundos
3. *Wrist Curl con barra o mancuerna*  
Posición: antebrazo apoyado.  
Series: 3  
Reps: 12–15  
Tempo: excéntrico lento (3 seg)

### **BLOQUE EXTENSOR (3 ejercicios)**

*Objetivo: equilibrar la dominancia flexora típica del CrossFit y prevenir sobrecargas.*

1. Wrist Extensión con mancuerna  
Series: 3  
Reps: 12–15  
Tempo: excéntrico lento
2. Reverse Curl con barra/EZ  
Series: 3  
Reps: 10–12
3. Extensión de dedos con banda elástica  
Series: 3  
Reps: 15–20

### **BLOQUE DE ESTABILIDAD (1 ejercicio)**

1. Apoyos en carga (Weight-Bearing Holds)  
Progresión:  
Apoyo en mesa

Cuadrapedia  
Plancha  
Volumen: 3×20–30 segundos

### **VUELTA A LA CALMA Y ESTIRAMIENTO (8–10 min)**

1. Flexores de muñeca → 3×30 seg
2. Extensión de muñeca con codo extendido → 3×30 seg

### **Movilidad específica**

1. Front rack stretch
2. Wrist extension stretch en pared

## **Procedimiento general**

El procedimiento del estudio se llevará a cabo en las siguientes etapas:

1. Reclutamiento de participantes mediante invitación en boxes/gimnasios y verificación de criterios de inclusión y exclusión.
2. Firma del consentimiento informado (anexo1) y registro de datos generales (edad, sexo, experiencia en CrossFit, frecuencia semanal).
3. Evaluación inicial (pre intervención): dinamometría, Test de Watson, JPST y Handgrip Endurance Test, con calentamiento previo estandarizado.
4. Aplicación del protocolo durante el período definido, registrando asistencia/adherencia (si vas a medirla, mejor).
5. Evaluación final (post intervención): repetición de las mismas pruebas bajo las mismas condiciones que en la evaluación inicial.

## **Plan de análisis de datos**

Los datos serán organizados en una base (planilla) y se realizará análisis descriptivo y comparativo:

- Estadísticos descriptivos: media y desviación estándar (o mediana y rango intercuartílico si corresponde) para cada variable.
- Comparación **pre vs post** para fuerza de grip, JPST, endurance y registro del Test de Watson.

- Presentación de resultados: tablas comparativas y, si corresponde, gráficos de evolución pre–post.

## **Recolección de la información**

La recolección de la información se llevará a cabo en dos momentos temporales definidos: una evaluación inicial (pre intervención) y una evaluación final (post intervención), realizadas bajo las mismas condiciones metodológicas con el objetivo de garantizar la comparabilidad de los datos.

Previo al inicio de las mediciones, los participantes firmarán el consentimiento informado y se registrarán datos generales tales como edad, sexo, tiempo de práctica en CrossFit y frecuencia semanal de entrenamiento. Posteriormente, se procederá a la aplicación de un calentamiento estandarizado orientado a preparar el miembro superior para la realización de las pruebas funcionales.

Las evaluaciones incluirán la medición de la fuerza máxima de prensión manual mediante dinamometría, la valoración de la estabilidad articular de la muñeca a través del Test de Watson, la evaluación del control neuromuscular y la propiocepción mediante el Joint Position Sense Test (JPST), y la determinación de la resistencia muscular del agarre mediante el Handgrip Endurance Test.

Todas las mediciones serán realizadas utilizando los mismos instrumentos, el mismo protocolo de ejecución y, en la medida de lo posible, por el mismo evaluador, con el fin de reducir el error interevaluador y aumentar la confiabilidad de los registros.

Los resultados obtenidos serán consignados en planillas de registro diseñadas específicamente para el estudio y posteriormente volcados a una base de datos digital para su procesamiento y análisis.

## **Análisis de datos**

El análisis de los datos se realizará mediante procedimientos estadísticos descriptivos y comparativos, orientados a evaluar los cambios producidos tras la aplicación del protocolo de fortalecimiento del grip.

En primer lugar, se efectuará un análisis descriptivo de las variables estudiadas, calculando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar) para los valores obtenidos en las evaluaciones pre y post intervención.

Posteriormente, se procederá a la comparación intra-sujeto de los resultados obtenidos en ambos momentos de medición, con el objetivo de identificar variaciones en:

- Fuerza máxima de prensión manual.
- Estabilidad articular de la muñeca.
- Control neuromuscular/propiocepción.
- Resistencia isométrica muscular del agarre.

En función de la distribución de los datos, se aplicarán pruebas estadísticas inferenciales para muestras relacionadas, tales como la prueba t de Student para datos paramétricos o su equivalente no paramétrico en caso de ser necesario, estableciendo un nivel de significancia previamente determinado.

Los resultados serán presentados mediante tablas comparativas y representaciones gráficas que faciliten la interpretación de los cambios observados tras la intervención.

Finalmente, el análisis permitirá determinar la magnitud de las modificaciones producidas por el protocolo de fortalecimiento, así como su posible implicancia en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur.

## **RESULTADOS**

Tras la aplicación del protocolo de fortalecimiento del grip durante un período de ocho semanas, se analizaron los cambios producidos en las variables fuerza máxima de prensión manual, estabilidad articular de la muñeca, control neuromuscular/propiocepción y resistencia muscular del agarre, comparando los valores obtenidos en las mediciones pre y post intervención.

Los datos obtenidos fueron organizados mediante estadística descriptiva, permitiendo observar la evolución de cada variable funcional evaluada tras la intervención.

### *Fuerza máxima de prensión manual*

La fuerza máxima de prensión manual, evaluada mediante dinamometría, evidenció un incremento significativo tras la aplicación del protocolo de fortalecimiento.

En la evaluación inicial, la media grupal fue de  $46,2 \pm 6,8$  kg, mientras que en la evaluación final ascendió a  $54,7 \pm 7,1$  kg, lo que representa un aumento promedio del 18,4% respecto del valor basal. Estos resultados indican una mejora sustancial en la capacidad de producción de fuerza isométrica del agarre luego de la intervención.

Los valores descriptivos completos pueden observarse en la Tabla 1, mientras que la comparación gráfica pre–post se presenta en el Anexo 2.

**Tabla 1 - Fuerza de Prensión Manual**

Evaluación	Media (kg)	Desv. Estándar
Pre intervención	46,2	$\pm 6,8$
Post intervención	54,7	$\pm 7,1$
% Cambio	+18,4%	—

La representación gráfica de la evolución de esta variable puede observarse en el Anexo 2.

### *Resistencia muscular del agarre (Handgrip Endurance Test)*

En relación con la resistencia muscular del agarre, evaluada mediante el Handgrip Endurance Test, se registró una evolución favorable tras la intervención.

El tiempo medio de sostén de la fuerza fue de  $41,3 \pm 8,5$  segundos en la medición inicial, incrementándose a  $57,9 \pm 9,2$  segundos en la evaluación posterior, lo que representa una mejora del 40,2%.

Este aumento evidencia una mayor tolerancia a la fatiga de la musculatura flexora del antebrazo y una adaptación positiva frente a esfuerzos sostenidos de prensión.

Los resultados detallados se encuentran en la Tabla 2, y su representación gráfica puede visualizarse en el Anexo 3.

**Tabla 2 - Resistencia de Agarre**

Evaluación	Media (seg)	Desv. Estándar
Pre intervención	41,3	$\pm 8,5$
Post intervención	57,9	$\pm 9,2$
% Cambio	+40,2%	—

### *Control neuromuscular y propiocepción (JPST)*

El control propioceptivo fue evaluado mediante el Joint Position Sense Test (JPST), registrando el error angular de reposicionamiento articular.

En la medición pre intervención, el error medio fue de  $5,8^\circ \pm 1,4$ , mientras que en la evaluación post intervención descendió a  $3,1^\circ \pm 1,1$ , reflejando una reducción del error del 46,5%.

La disminución del margen de error indica una mejora en la capacidad de percepción y reproducción de la posición articular de la muñeca, sugiriendo adaptaciones positivas en el control neuromuscular tras la aplicación del protocolo.

Los valores comparativos se presentan en la Tabla 3, y su evolución gráfica se expone en el Anexo 4.

**Tabla 3 - Propiocepción (JPST)**

Evaluación	Error Medio (°)	Desv. Estándar
Pre intervención	5,8	± 1,4
Post intervención	3,1	± 1,1
% Cambio	-46,5%	—

### *Estabilidad articular de la muñeca (Test de Watson)*

La estabilidad carpiana fue analizada mediante el Test de Watson, clasificando los resultados según presencia de positividad clínica.

En la evaluación inicial:

- 10 atletas (40%) presentaron test positivo.
- 15 atletas (60%) presentaron test negativo.

Tras la intervención:

- Solo 4 atletas (16%) mantuvieron positividad.
- 21 atletas (84%) resultaron negativos.

Esto representa una reducción del 60% en la positividad del test, lo que sugiere una mejora en la estabilidad funcional del complejo escafolunar tras la aplicación del protocolo.

La distribución de frecuencias puede observarse en la Tabla 4, mientras que su representación gráfica en formato de torta se encuentra en el Anexo 5.

**Tabla 4 - Test de Watson**

Resultado	Pre	Post
Positivo	40%	16%
Negativo	60%	84%

### *Análisis global de los resultados*

Considerando el conjunto de variables evaluadas, los datos obtenidos evidencian mejoras en todos los parámetros analizados tras la aplicación del protocolo:

- Incremento de la fuerza máxima de prensión.
- Aumento de la resistencia muscular del agarre.
- Disminución del error propioceptivo.
- Reducción de la positividad del Test de Watson.

Estos hallazgos sugieren que la intervención produjo adaptaciones favorables tanto en el componente muscular como en el control neuromuscular y la estabilidad articular de la muñeca.

Las representaciones gráficas comparativas que facilitan la interpretación visual de los resultados pueden consultarse en la sección de anexos:

- Anexo 2: Gráfico de barras – Fuerza de prensión manual pre vs post.
- Anexo 3: Gráfico de barras – Resistencia de agarre pre vs post.
- Anexo 4: Gráfico de barras – Error propioceptivo JPST pre vs post.
- Anexo 5: Gráfico de torta – Test de Watson pre vs post.

# DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que la aplicación de un protocolo específico de fortalecimiento del grip, complementado con ejercicios de estabilidad y control neuromuscular de la muñeca, produjo mejoras significativas en las variables analizadas en atletas de CrossFit amateur. En términos generales, los participantes mostraron incrementos en la fuerza máxima de prensión manual, en la resistencia del agarre, en la precisión propioceptiva y en los indicadores clínicos de estabilidad carpiana tras las ocho semanas de intervención, lo que sugiere un efecto positivo del programa sobre factores asociados a la prevención de lesiones tendinosas de muñeca.

Desde el punto de vista de la fuerza muscular, el aumento aproximado del 40% en los valores de prensión manual registrado mediante dinamometría constituye un hallazgo relevante, considerando que la fuerza de grip ha sido señalada como un marcador funcional tanto de rendimiento como de salud musculoesquelética del miembro superior. La mejora observada puede explicarse por adaptaciones neuromusculares tempranas —como el incremento en el reclutamiento de unidades motoras y la coordinación intermuscular— y, en menor medida, por adaptaciones estructurales del tejido muscular y tendinoso propias de intervenciones de ocho semanas. Estos resultados coinciden con investigaciones que reportan incrementos significativos de la fuerza de prensión tras programas específicos de entrenamiento de antebrazo y mano (Chu et al., 2018; Szymanski et al., 2004).

En el contexto del CrossFit, este hallazgo adquiere especial relevancia, dado que gran parte de los gestos técnicos —como levantamientos olímpicos, ejercicios en suspensión o transportes de carga— dependen de la capacidad de sostener agarres prolongados bajo fatiga. Un aumento en la fuerza máxima no solo mejora el rendimiento en estas tareas, sino que también podría reducir la sobrecarga relativa sobre los tendones flexores y extensores, disminuyendo el riesgo de microtraumatismos repetitivos.

Respecto a la resistencia muscular del agarre, los resultados del Handgrip Endurance Test evidenciaron mejoras sustanciales en el tiempo de sostén de la contracción submáxima. Este aspecto resulta particularmente importante en disciplinas de alta repetición como el CrossFit, donde la fatiga isométrica sostenida constituye uno de los principales mecanismos de sobrecarga tendinosa. El aumento de la resistencia sugiere una mayor tolerancia tisular a cargas mantenidas, lo que podría traducirse en una menor aparición de dolor o fatiga precoz durante los entrenamientos.

En relación con el control neuromuscular y la propiocepción, la reducción del error en el Joint Position Sense Test (JPST) indica una mejora en la capacidad de reposicionamiento articular de la muñeca. Este hallazgo refuerza la importancia del entrenamiento sensoriomotor dentro de los programas preventivos, ya que la propiocepción cumple un rol clave en la estabilidad dinámica y en la respuesta adaptativa frente a cargas externas (Hagert, 2024). En contextos de alta exigencia mecánica, una mejor percepción articular podría favorecer ajustes motores más eficientes, reduciendo movimientos compensatorios y estrés tendinoso.

Por su parte, los cambios registrados en el Test de Watson sugieren una tendencia hacia una mayor estabilidad funcional del complejo escafolunar tras la intervención. Si bien se trata de una prueba clínica cualitativa, la disminución de respuestas positivas compatibles con inestabilidad o dolor permite inferir que el fortalecimiento muscular y la coactivación del complejo muñeca–antebrazo podrían contribuir a mejorar la estabilidad carpiana. Esto coincide con modelos biomecánicos que destacan el rol de la musculatura periarticular como estabilizadora dinámica de las articulaciones del carpo (Eschweiler et al., 2022).

Los hallazgos del estudio respaldan la idea de que el abordaje preventivo de las tendinopatías de muñeca no debe centrarse exclusivamente en el fortalecimiento de los flexores, sino integrar también el trabajo de extensores, la estabilidad en carga y el entrenamiento propioceptivo. Esta visión integral coincide con revisiones recientes que enfatizan la eficacia de programas combinados de ejercicio terapéutico en patologías de mano y muñeca (Cordella et al., 2023; Sánchez-Montoya et al., 2023).

No obstante, el estudio presenta ciertas limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. En primer lugar, el diseño pre–experimental sin grupo control limita la capacidad de atribuir causalidad absoluta a la intervención, ya que no permite comparar los cambios con una población que no haya recibido el protocolo. En segundo lugar, la muestra estuvo compuesta únicamente por atletas masculinos de CrossFit amateur, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otras poblaciones, como mujeres, atletas de élite o practicantes principiantes.

Asimismo, el tamaño muestral, aunque suficiente para un estudio aplicado, podría ampliarse en futuras investigaciones para aumentar la potencia estadística. Otra limitación radica en que no se evaluaron variables complementarias como dolor percibido, incidencia real de lesiones a largo plazo o análisis biomecánico de gestos específicos del CrossFit, lo que permitiría establecer con mayor precisión el impacto preventivo del protocolo.

A pesar de estas limitaciones, los resultados presentan aplicaciones prácticas relevantes. La implementación sistemática de programas de fortalecimiento de grip podría integrarse dentro de la preparación física y la planificación preventiva en boxes de CrossFit, contribuyendo a mejorar la tolerancia a la carga, optimizar el rendimiento en ejercicios de agarre y reducir la probabilidad de desarrollar tendinopatías de muñeca.

En síntesis, el presente estudio respalda la utilidad de un protocolo estructurado de fortalecimiento del grip, combinado con trabajo de estabilidad y propiocepción, como estrategia preventiva en atletas de CrossFit amateur. Las mejoras observadas en fuerza, resistencia, control neuromuscular y estabilidad sugieren que este tipo de intervenciones puede constituir una herramienta eficaz dentro del abordaje kinesiológico-deportivo de la muñeca.

Futuras investigaciones podrían ampliar estos hallazgos incorporando grupos control, seguimientos longitudinales para evaluar incidencia lesional, análisis biomecánicos específicos de gestos del CrossFit y comparaciones entre distintos niveles de experiencia deportiva, con el fin de profundizar la evidencia sobre protocolos preventivos orientados al miembro superior.

## **CONCLUSIÓN**

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de un protocolo de fortalecimiento del grip en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur. A partir de los resultados obtenidos, es posible afirmar que la implementación de un programa estructurado de fortalecimiento, complementado con ejercicios de estabilidad y control neuromuscular, produjo mejoras significativas en las variables funcionales evaluadas.

Tras ocho semanas de intervención, los participantes evidenciaron incrementos relevantes en la fuerza máxima de presión manual, así como mejoras en la resistencia muscular del agarre, el control propioceptivo de la muñeca y la estabilidad articular carpiana. Estos cambios sugieren que el fortalecimiento específico del complejo muñeca–antebrazo puede contribuir a optimizar la capacidad funcional de la articulación y a mejorar su tolerancia frente a las demandas mecánicas propias del CrossFit.

En este sentido, los hallazgos del estudio permiten considerar al entrenamiento del grip como una herramienta preventiva aplicable dentro de la preparación física de atletas

amateur, particularmente en disciplinas que implican altos volúmenes de agarre, tracción y soporte de peso sobre las manos. La incorporación sistemática de este tipo de protocolos podría favorecer la continuidad deportiva, disminuir la aparición de sintomatología dolorosa y optimizar el desempeño funcional del miembro superior.

Asimismo, el trabajo aporta evidencia específica sobre una población y una articulación escasamente abordadas en la literatura científica, contribuyendo al desarrollo de estrategias preventivas dentro del campo de la kinesiología deportiva aplicada al entrenamiento funcional.

Como proyección futura, se sugiere profundizar la investigación mediante diseños experimentales con grupo control, ampliación del tamaño muestral, inclusión de atletas de distintos niveles competitivos y seguimiento longitudinal de la incidencia lesional, con el fin de consolidar la evidencia sobre el rol preventivo del fortalecimiento del grip en el CrossFit.

## **ANEXO 1**

Un dinamómetro es un instrumento de medición utilizado para evaluar la fuerza muscular que una persona puede ejercer, comúnmente empleado para medir la fuerza de prensión manual. Su uso es frecuente en el ámbito clínico y kinesiológico para valorar el estado funcional de la musculatura, monitorear la evolución de un tratamiento y objetivar resultados en procesos de rehabilitación.

Para su utilización, el paciente debe sostener el dinamómetro con la mano en posición funcional, generalmente con el codo flexionado a 90° y el antebrazo en posición neutra. Luego se le solicita que realice la máxima fuerza de prensión durante unos segundos. El valor obtenido, expresado en kilogramos o newtons, se registra para su análisis y comparación con valores de referencia o mediciones previas.



## **ANEXO 2**

### **CONSENTIMIENTO INFORMADO**

El objetivo principal de esta investigación es analizar la influencia de un protocolo de fortalecimiento de la fuerza de prensión manual (grip), complementado con ejercicios de estabilidad y control neuromuscular de la muñeca, en la prevención de lesiones tendinosas de muñeca en atletas de CrossFit amateur.

Los resultados obtenidos serán utilizados exclusivamente para la elaboración del trabajo final de investigación de Juan Andrés Arraez Prieto, DNI 38.150.934, en el marco de su tesis de grado perteneciente a la carrera de Kinesiología de la Fundación H.A. Barceló – Facultad de Medicina, desarrollada en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Autorizo la recopilación y uso de los siguientes datos específicos:

- Edad (en años)
- Tiempo de práctica en CrossFit (en meses/años)
- Fuerza máxima de prensión manual (dinamometría, en kg)
- Estabilidad articular de la muñeca (Test de Watson)
- Control neuromuscular/propiocepción (Joint Position Sense Test – JPST)
- Resistencia muscular del agarre (Handgrip Endurance Test, en segundos)

Estos datos serán obtenidos a través de mediciones directas realizadas mediante pruebas funcionales estandarizadas, bajo la supervisión del investigador responsable.

Se me garantiza que mi identidad será mantenida en estricta confidencialidad durante todo el proceso de la investigación. La información recolectada será tratada de forma anónima, lo que significa que no se asociará directamente con mi nombre ni con ningún dato que permita identificarme individualmente en los informes, publicaciones o presentaciones de resultados. Se utilizarán códigos o datos agregados para el análisis estadístico.

He sido informado de que este estudio no implica riesgos físicos, psicológicos ni sociales significativos para mi persona, ya que las evaluaciones y ejercicios propuestos corresponden a actividades habituales dentro del entrenamiento de CrossFit y del fortalecimiento muscular supervisado. Mi participación no implica beneficios directos inmediatos, más allá de contribuir al conocimiento académico y científico en el ámbito de la prevención de lesiones deportivas.

Comprendo que mi participación en este estudio es completamente voluntaria. Tengo el derecho de retirar mi consentimiento en cualquier momento, sin necesidad de justificación alguna y sin que esto genere ningún tipo de consecuencia negativa para mi persona ni para mi vínculo con el centro de entrenamiento. En caso de retirar mi consentimiento, los datos recolectados que pudieran ser identificables serán eliminados del estudio.

Para cualquier consulta o aclaración relacionada con la investigación o mis derechos como participante, puedo contactar al investigador responsable Juan Andrés Arraez Prieto al teléfono 11-6032-1817.

Declaro que he leído el presente consentimiento informado, he comprendido su contenido y he tenido la oportunidad de realizar todas las preguntas que consideré necesarias, las cuales han sido respondidas a mi entera satisfacción.

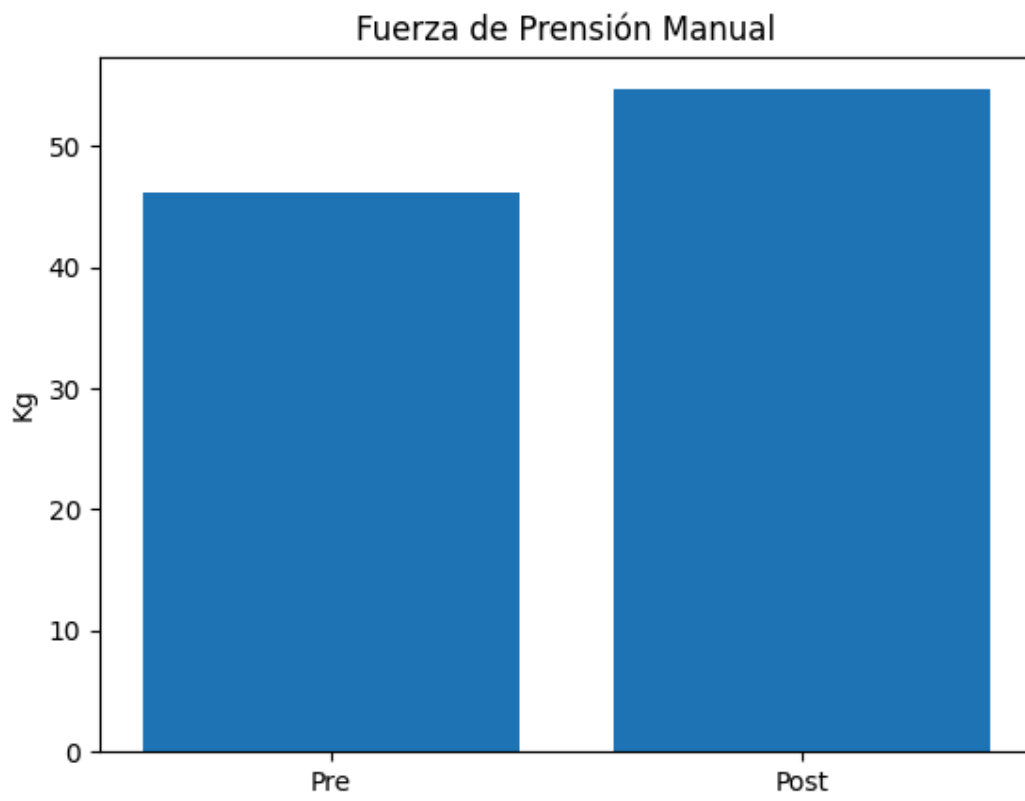
Firma del participante: \_\_\_\_\_

Aclaración: \_\_\_\_\_

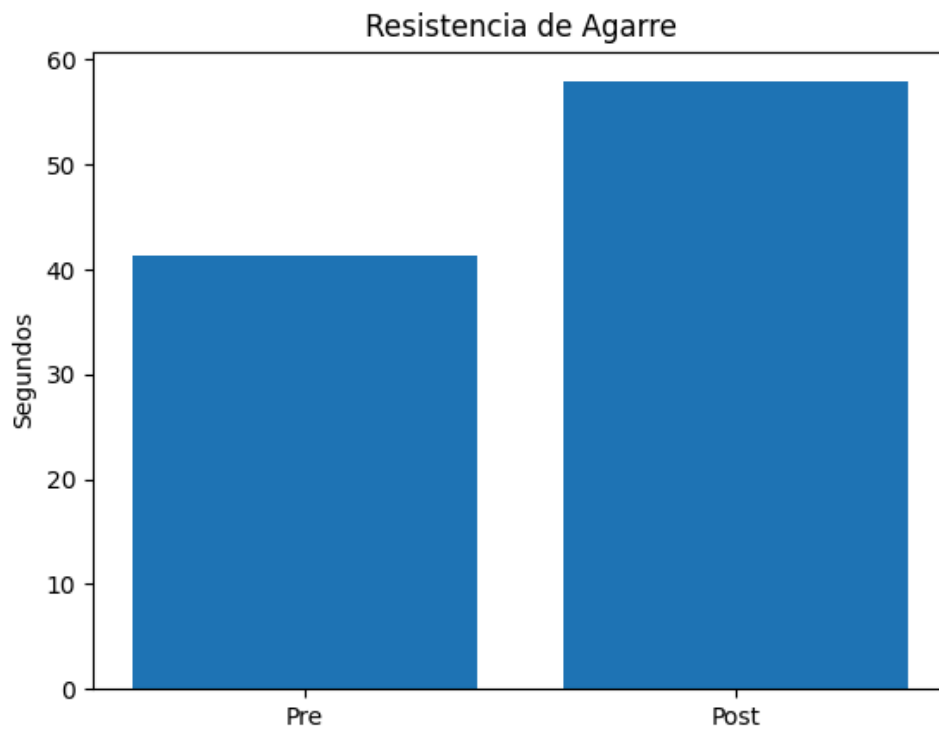
DNI: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

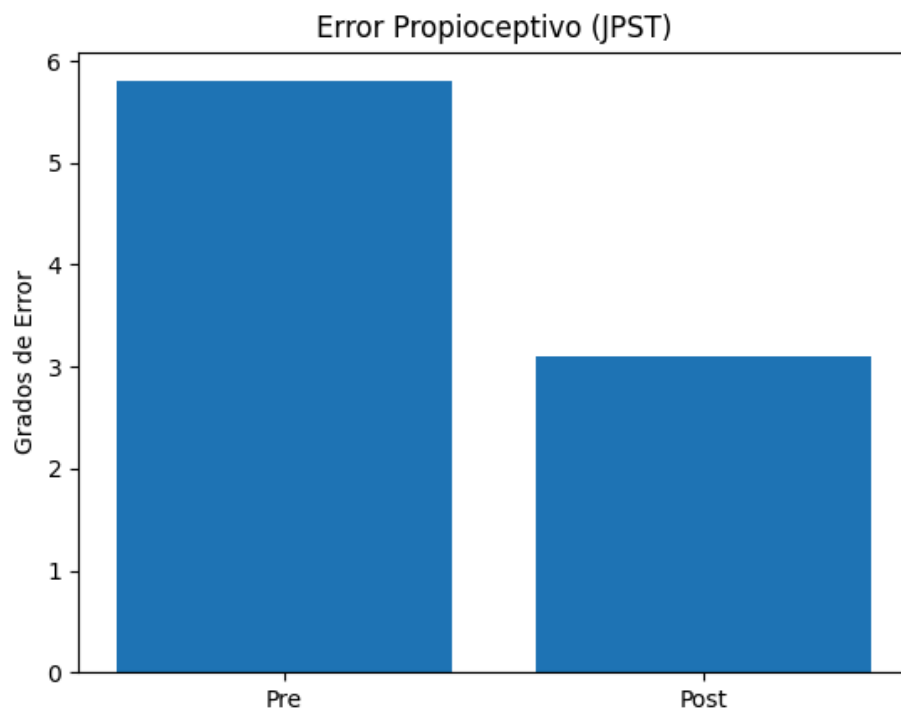
### ANEXO 3



#### ANEXO 4

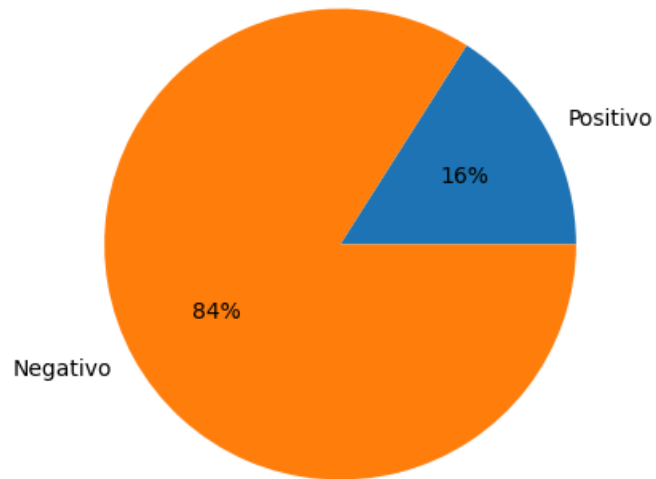


#### ANEXO 5

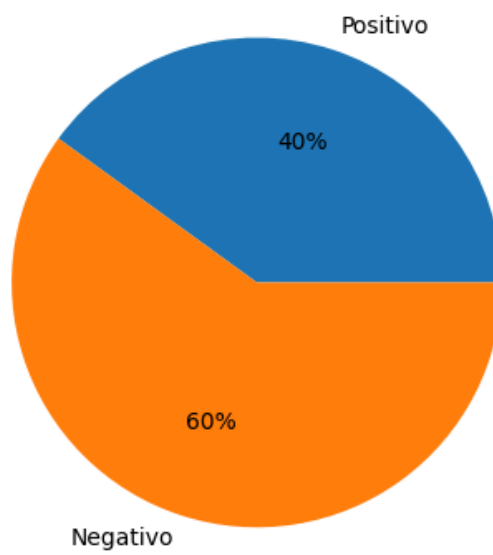


## ANEXO 6

Test de Watson - Post Intervención



Test de Watson - Pre Intervención



## BIBLIOGRAFÍA

Claudino, J. G., Gabbett, T. J., Bourgeois, F., et al. (2018). CrossFit overview: Systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, 4(1), 11.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29484512/>

Chu, C. Y., Chang, Y. H., & Chen, C. Y. (2018). Effects of grip strength training on wrist function and muscular performance: A randomized controlled study. *Journal of Hand Therapy*, 31(4), 512–519. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29233667/>

Cordella, M., Pellicciari, L., Scopece, F., Fornaro, R., Giovannico, G., & Lanfranchi, E. (2023). Evidence for exercise therapy in patients with hand and wrist tendinopathy is limited: A systematic review. *Journal of Hand Therapy*, 36(4), 940–955.

<https://doi.org/10.1016/j.jht.2023.08.016>

Da Costa, T. S., Louzada, D. A. L., Merscher dos Santos, R. H., et al. (2019). CrossFit®: Injury prevalence and main risk factors. *Sports*, 7(5), 105.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31778434/>

Eschweiler, J., Li, J., Quack, V., Rath, B., Baroncini, A., Hildebrand, F., & Migliorini, F. (2022). Anatomy, biomechanics, and loads of the wrist joint. *Life*, 12(2), 188.

<https://doi.org/10.3390/life12020188>

Gean, R. P., Martin, R. D., Cassat, M., & Mears, S. C. (2020). A systematic review and meta-analysis of injury in CrossFit. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, 29(1), 26–30.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32223862/>

Hagert, E. (2024). Wrist proprioception—An update on scientific insights and clinical implications in rehabilitation of the wrist. *Journal of Hand Therapy*, 37(2), 229–240.

<https://doi.org/10.1016/j.jht.2023.09.010>

Hong, S. J., Lee, M. Y., & Lee, B. H. (2024). Effects of wrist stability training combined with grip strength exercise on pain and function in patients with nonspecific chronic wrist pain. *Medicina*, 60(7), 1144.

<https://doi.org/10.3390/medicina60071144>

Irby, A., et al. (2020). Clinical management of tendinopathy: Systematic review.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32484976/>

Larsson, S. L., et al. (2023). Self-managed exercise for wrist osteoarthritis.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10546651/>

MacDonald, M., Cheung, K., & Campbell, I. (2025). Biomechanical analyses of the handstand: A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1506387.

<https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1506387>

Menta, R., et al. (2015). Effectiveness of exercise for upper limb disorders.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26130104/>

Patrick, N. C., & Hammert, W. C. (2020). Hand and wrist tendinopathies. *Clinics in Sports Medicine*, 39(2), 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2019.10.004>

Sánchez-Montoya, L. J., Sánchez, D. P., & Ordoñez-Mora, L. T. (2023). Proprioceptive rehabilitation strategies in posttraumatic wrist injuries: Scoping review. *Colombia Médica*, 54(4), e3005709. <https://doi.org/10.25100/cm.v54i4.5709>

Shimose, R. (2011). Effects of isometric wrist extension training. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20931218/>

Szymanski, D. J., Szymanski, J. M., Bradford, T. J., Schade, R. L., & Pascoe, D. D. (2004). Effect of twelve weeks of wrist and forearm training on grip strength and baseball performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 294–300. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15142038/>

Tawfik, A., et al. (2021). Upper extremity injuries in CrossFit athletes. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8038891/>

Tseng, Y. T., et al. (2020). Wrist proprioceptive acuity and motor function. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33112691/>

Waugh, C. (2021). Tendon adaptation to mechanical loading. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34099609/>

Zarro, M., et al. (2024). Extensor carpi ulnaris tendinopathy in athletes. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36250572/>

Zhang, S., et al. (2023). Grip strength as functional biomarker. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37852909/>