

EFECTOS DEL TRABAJO DE FUERZA EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES DEL MANGUITO DE LOS ROTADORES EN JUGADORES DE TENIS JÓVENES

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE Y FISIOTERAPIA

FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE



Realizado por: Sergio Peralta Sanz y Javier Herrero Cuesta

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2023-2024

Tutor/a: Rosa Bielsa

Área: Diseño de un estudio experimental

RESUMEN

Introducción: Las lesiones en el manguito de los rotadores son una causa común de dolor y disfunción en jugadores de tenis. De todas las lesiones ocasionadas en el tenis, entre un 4 y un 17% de ellas son lesiones en el hombro por ocasionadas por sobreuso. Esta alta prevalencia puede ser debido a la importancia del hombro en dos de los golpes más importantes dentro del tenis como son la derecha y el servicio, en los que se produce una fuerza muy elevada a través de la articulación del hombro. El dolor de hombro tiene consecuencias para los jugadores profesionales de tenis como debilidad y disminución del rendimiento, siendo su localización habitualmente posterior e indicando la presencia de alguna patología o lesión. Muchas de estas lesiones están relacionadas con tendones, habiendo aumentado hasta llegar a representar entre un 30 y un 50% de las lesiones en el deporte

Justificación: Como consecuencia de la alta prevalencia de lesiones de hombro observada en los recientes estudios de epidemiología en el tenis, la falta de investigación y evidencia científica reciente sobre la prevención de lesiones de hombro en jugadores de tenis, además de la necesidad creciente de determinar un protocolo de prevención para las lesiones de hombro en jugadores de tenis y la falta de estudios en los que se compare los efectos que tiene sobre el tendón el ejercicio excéntrico versus el isométrico.

Objetivos e hipótesis: Se plantea que la aplicación del ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectiva que los ejercicios excéntricos e isométricos por sí solos en la prevención de tendinopatía del manguito de los rotadores en jugadores de tenis entre 17 y 24.

Metodología: Después de obtener la muestra tras la aplicación de los criterios de exclusión e inclusión, en este trabajo de investigación experimental aleatorizado con una muestra de 315 jugadores de tenis universitarios de entre 17 y 24 años, se llevará a cabo una intervención de 9 meses. Las evaluaciones iniciales, las reevaluaciones y la intervención se llevarán a cabo en las instalaciones de 32 universidades americanas de NCAA DI participantes en el estudio. Estará compuesto por 4 fases y el posterior análisis de datos con el *IBM SPSS Statistics para Windows*, v29.0.

Equipo investigador: Formado por 2 investigadores principales, 35 CAFYD, 32 fisioterapeutas y 32 médicos traumatólogos.

Viabilidad: La financiación del estudio se llevará a cabo mediante 3 vías: solicitud de becas, acuerdos con distintas organizaciones como la USTA (United States Tennis Association), la NCAA (National Collegiate Athletic Assotiation) y la ITA (Intercollegiate Tennis Association).

Palabras clave: tenis, manguito de los rotadores, hombro, prevención, fuerza.

ABSTRACT

Introduction: Rotator cuff injuries are a common cause of pain and dysfunction in tennis players. Of all injuries caused in tennis, between 4 and 17% of them are shoulder injuries caused by overuse. This high prevalence may be due to the importance of the shoulder in two of the most important strokes in tennis, the forehand and the serve, in which a very high force is produced through the shoulder joint. Shoulder pain has consequences for professional tennis players such as weakness and decreased performance, its location usually being posterior and indicating the presence of some pathology or injury. Many of these injuries are related to tendons, having increased to represent between 30 and 50% of injuries in sports.

Justification: As a consequence of the high prevalence of shoulder injuries observed in recent epidemiology studies in tennis, the lack of research and recent scientific evidence on the prevention of shoulder injuries in tennis players, in addition to the growing need to determine a prevention protocol for shoulder injuries in tennis players and the lack of studies that compare the effects that eccentric versus isometric exercise has on the tendon.

Objectives and hypotheses: It is proposed that the application of isometric exercise together with eccentric exercise is more effective than eccentric and isometric exercises alone in the prevention of rotator cuff tendinopathy in tennis players between 17 and 24.

Methodology: After obtaining the sample after applying the exclusion and inclusion criteria, in this randomized experimental research work with a sample of 315 university tennis players between 17 and 24 years old, a 9-month intervention will be carried out. Baseline assessments, reassessments, and intervention will take place at the facilities of 32 American NCAA DI universities participating in the study. It will be composed of 4 phases and subsequent data analysis with IBM SPSS Statistics for Windows, v29.0.

Research team: Made up of 2 main researchers, 35 CAFYD, 32 physiotherapists and 32 trauma doctors.

Feasibility: The financing of the study will be carried out through 3 ways: application for scholarships, agreements with different organizations such as the USTA (United States Tennis Association), the NCAA (National Collegiate Athletic Association) and the ITA (Intercollegiate Tennis Association).

Keywords: tennis, rotator cuff, shoulder, prevention, strength.

ÍNDICE

1. Introducción.....	6
1.1. El manguito de los rotadores.....	6
1.2. Lesiones del hombro en el tenis.....	7
1.3. Lesiones del manguito de los rotadores.....	8
1.4. Tendinopatías y el efecto del efecto excéntrico en su tratamiento.....	8
1.5. El ejercicio isométrico y sus efectos.....	9
2. Justificación.....	10
3. Objetivos e hipótesis del estudio.....	11
3.1. Objetivo principal.....	11
3.2. Objetivos secundarios.....	11
3.3. Hipótesis.....	11
4. Metodología.....	11
4.1. Diseño.....	11
4.2. Muestra y formación de grupos.....	11
4.3. Variables y material de medida.....	14
4.4. Procedimiento.....	15
4.5. Análisis de datos.....	19
5. Equipo Investigador.....	19
6. Viabilidad del estudio.....	20
7. Limitaciones del estudio.....	21
8. Referencias bibliográficas.....	22
9. Anexos.....	26
9.1. Anexo I. Tablas y figuras.....	26
9.2. Anexo 2. Hoja de consentimiento informado	29
9.3. Anexo 3. Descripción gráfica de las sesiones.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del tamaño muestral	13
Figura 2. Electromiógrafo EMG32 ADS1299	26
Figura 3. Goniómetro Moltgen	26
Figura 4. Ecógrafo Logiq S7 Expert R3	27
Figura 5. Línea temporal del procedimiento	27
Figura 6. Funciones del equipo investigador	28
Figura 7. Tabla explicativa de la escala de esfuerzo percibido	28
Figura 8. Ejercicio 1	32
Figura 9. Ejercicio 2	32
Figura 10. Ejercicio 3	33
Figura 11. Ejercicio 4	33
Figura 12. Ejercicio 5	34
Figura 13. Ejercicio 6	34
Figura 14. Ejercicio 7	35
Figura 15. Ejercicio 8	35
Figura 16. Ejercicio 9	36

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El manguito de los rotadores

El manguito de los rotadores es una estructura músculo tendinosa formada por la fusión de los tendones de cuatro músculos, supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular con la cápsula fibrosa de la articulación glenohumeral (Naidoo et al., 2014). Según Pandey y Willems (2015), los tendones del manguito de los rotadores forman una confluencia con la cápsula articular y el ligamento coracohumeral, y se insertan en la tuberosidad del húmero.

En cuanto a las inserciones y orígenes de estos músculos, el estudio de Naidoo et al. (2014) realizado sobre cadáveres humanos muestra que los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor se originan en la cara dorsal/posterior de la escápula, mientras que su inserción se da en el tubérculo mayor del húmero, sin embargo, en el caso del músculo subescapular tiene origen en la cara anterior de la escápula y se inserta en el tubérculo menor del húmero.

Maruvada et al. (2023) describen las acciones de estos músculos, siendo estas las siguientes:

- Subescapular: Rotación interna/medial del hombro, además de prevenir la dislocación del húmero durante estos movimientos.
- Supraespinoso: Abducción del hombro en los primeros 15 grados.
- Infraespinoso: Rotación externa/lateral del hombro.
- Redondo menor: Rotación externa/lateral del hombro.

Estos cuatro músculos integrantes del manguito de los rotadores no funcionan solamente como movilizadores de la articulación (abductores o rotadores internos y externos) sino también como estabilizadores de hombro (Rueda y Mesa., 2016; Yamamoto y Itoi., 2015).

Dicha estabilización, según Maruvada et al. (2023), se produce gracias a los estabilizadores estáticos de la articulación glenohumeral como la cápsula, el labrum y los ligamentos glenohumerales; además de los estabilizadores dinámicos como el manguito de los rotadores y la cabeza larga del bíceps braquial.

Por otro lado, es importante conocer la vascularización e inervación de estos músculos. En el caso de la primera es producida por la arteria supraescapular en el caso de supraespinoso e infraespinoso, la arteria subescapular en el subescapular y por la arteria circunfleja humeral posterior en el caso del redondo menor (Maruvada et al., 2023; Naidoo et al., 2014).

En cuanto a la inervación de los músculos del manguito de los rotadores, Maruvada et al. (2023) indica que en el caso del subescapular la realiza el nervio subescapular, mientras que el infraespinoso y supraespinoso son inervados por el nervio supraescapular y el redondo menor por el nervio axilar.

1.2. Lesiones del hombro en el tenis

El hombro es la articulación que ocupa este estudio, habiendo llamado la atención por ser una de las articulaciones más relevantes en el deporte protagonista del estudio, el tenis (Robison et al., 2021). Además, el hombro es una articulación que en general afecta a una gran parte de la población, solamente en Estados Unidos el dolor de hombro es la causa de aproximadamente 4,5 millones de consultas médicas y supone unos gastos de 3 billones de dólares en sanidad (Varacallo et al., 2022).

En el caso del tenis en general, la incidencia lesional se estima que es entre 0,05 y 2,9 lesiones por jugador y por año, y de entre 0,04 y 3 lesiones por jugador por cada 1000 horas jugadas (Alrabaa et al., 2020). Además, también muestran que, de todas estas lesiones ocasionadas en el tenis, entre un 4 y un 17% de ellas son lesiones en el hombro ocasionadas por sobreuso (Alrabaa et al., 2020).

En Estados Unidos se realizó un estudio de epidemiología en jugadoras de tenis universitarias en el que se observó que un 15,2% de todas las lesiones registradas durante el tiempo del estudio fueron causadas en el hombro, siendo esta la parte del cuerpo que más lesiones registró (Robison et al., 2021). Esta alta prevalencia puede ser debido a la importancia del hombro en dos de los golpes más importantes dentro del tenis como son la derecha y el servicio, en los que se produce una fuerza muy elevada a través de la articulación del hombro (Robison et al., 2021).

El servicio, en concreto, es el golpeo más predominante en el tenis y representa entre el 45 y el 60% de todos los golpes ejecutados durante un juego de servicio (Alrabaa et al., 2020). Además, fue el golpe en el que más lesiones se registraron en el estudio de Robison et al. (2021), representando un 10,3% del total de lesiones registradas en el estudio, seguido por el golpe de derecha, que fue el segundo, representando un 8%. Según Martin et al. (2013) el golpe del servicio es la causa de las principales lesiones registradas en los jugadores de tenis.

Este trabajo está basado en la definición de lesión dada por Martin et al. (2013) específica para nuestro contexto dentro del tenis, en la que una lesión se considera una molestia o manifestación adquirida como consecuencia de uno o varios partidos o entrenamientos de tenis. Como se afirma en el estudio realizado por Tejedor et al. (2023), el dolor de hombro tiene como consecuencias para los jugadores profesionales de tenis como debilidad y disminución del rendimiento, siendo su localización habitualmente posterior e indicando la presencia de alguna patología o lesión.

Algunas de estas lesiones pueden ser características en los jugadores de tenis, como la debilidad de la cabeza larga del bíceps y la tenosinovitis, registrándose en un 35,5% y un 20% respectivamente, de los jugadores estudiados por Tejedor et al. (2023). Además, también se mostraron como características la disquinesia o el GIRD (déficit en la rotación interna glenohumeral), las cuáles, junto con la debilidad o inflamación de la cabeza larga del bíceps, fueron identificadas en el 13,3% de los jugadores estudiados (Tejedor et al., 2023). En el caso del GIRD fue hallado en el 87,4% de los jugadores estudiados por Tejedor et al., (2023), un dato bastante llamativo y contundente.

1.3. Lesiones del manguito de los rotadores

En cuanto a las lesiones en el manguito de los rotadores son una de las posibles lesiones dentro de la articulación del hombro y según se indica en el estudio de Alrabaa et al. (2020), son una causa común de dolor y disfunción en jugadores de tenis. El dolor que provoca la patología del manguito de los rotadores se atribuye a una sintomatología de dolor anterior, sintomatología que también comparte con la debilidad de la cabeza larga del bíceps (Tejedor et al., 2023). A todas estas se debe sumar el impingement posterosuperior interno del hombro, además del subacromial, descritos por Charbonnier et al. (2014) como una causa común de dolor en el hombro en jugadores de tenis y que puede desembocar con el tiempo en lesiones del manguito del rotador o roturas del labrum.

1.4. Tendinopatías y el efecto del ejercicio excéntrico en su tratamiento

Debido a que muchas de estas lesiones están relacionadas con tendones y que las lesiones en estos han aumentado hasta llegar a representar entre un 30 y un 50% de las lesiones en el deporte (De Souza y Araújo, 2016), en el caso de este estudio es importante aportar una definición de tendinopatía, como la encontrada en el estudio de Arnal-Gómez et al. (2020) que las define como lesiones que afectan al tendón y que son consecuencia de cargas excesivas en el mismo. Según De Souza y Araújo (2016) “la tendinopatía se caracteriza por dolor local, grosor aumentado del tendón, cambios estructurales en el tejido y nivel de actividad reducido”.

Dentro de las tendinopatías De Souza y Araújo (2016) diferencian entre los procesos degenerativos, llamados tendinosis y los procesos inflamatorios provocados por microtraumatismos recurrentes, llamados tendinitis.

Centrándose en el tratamiento de las tendinopatías, Quinlan et al. (2019) resaltan que el entrenamiento de fuerza excéntrico tiene gran importancia en la prevención de lesiones y mejora de las propiedades de los tejidos tendinosos en sujetos sanos. Este ejercicio excéntrico consiste en el alargamiento general de un músculo al mismo tiempo que se somete a tensión y a contracción para controlar el movimiento y decelerar la carga (Camargo et al., 2014), aunque esta pueda llegar a vencer a la contracción muscular (Arnal-Gómez et al., 2020). Además, Camargo et al. (2014)

resaltan que la tensión a la que se someten las fibras musculares al alargarse es mucho mayor que al acortarse.

1.5. El ejercicio isométrico y sus efectos

Otro tipo de entrenamiento del que también se han demostrado múltiples ventajas es el isométrico (Oranchuk et al., 2019). Según Da Silva et al. (2013), en los ejercicios isométricos la musculatura contraída no varía su longitud y no se produce un movimiento en las articulaciones con mayor participación. Como apuntan Oranchuk et al. (2019) este tipo de entrenamiento puede producir cambios positivos en las cualidades fisiológicas de los tejidos como el tendón y el músculo, además de cambios metabólicos.

Aun así, se sigue necesitando una mayor evidencia científica con relación al efecto del ejercicio isométrico (Oranchuk et al., 2019) y del ejercicio excéntrico sobre pacientes con tendinopatía de hombro (Camargo et al., 2014), por ello, entre otras razones, se lleva a cabo este estudio en el que se compara el efecto del ejercicio excéntrico con otros tipos de intervenciones de ejercicio, algo de lo que falta evidencia científica según Quinlan et al. (2019).

2. JUSTIFICACIÓN

Los motivos por los que se ha decidido investigar sobre diferentes protocolos de trabajo de fuerza como prevención para la tendinopatía del manguito de los rotadores son los siguientes: la alta prevalencia de lesiones de hombro que se puede observar en los estudios de epidemiología reciente en el tenis como los de (Alexander et al., 2022; Alrabaa et al., 2020; Tejedor et al., 2023); el aumento de la prevalencia de lesiones de hombro en jugadoras de tenis en los últimos años mostrado en estudios como el de Robison et al. (2021); el aumento de las lesiones por sobreuso del miembro superior en el tenis (Alexander et al., 2022; Robison et al., 2021); la falta de investigación y evidencia científica reciente sobre la prevención de lesiones de hombro en jugadores de tenis (hay mayor evidencia en jugadoras que en jugadores); el efecto negativo que tiene el dolor de hombro en los jugadores de tenis, siendo un factor debilitante y que reduce su rendimiento (Alrabaa et al., 2020; Tejedor et al., 2023); la alta relevancia e importancia que tiene el servicio en el tenis, siendo un golpe clave según Sollic et al. (2023) para ganar ventaja sobre el rival y suponiendo entre un 45 y un 60% de los golpes efectuados por un jugador durante un partido, según indica el estudio de Alrabaa et al. (2020); el gran impacto que tiene sobre la articulación del hombro dos de los golpes más importantes del tenis actual y previsiblemente en el futuro, como son el servicio y la derecha (Alexander et al., 2022; Robison et al. 2021; Sollic et al., 2023); la mayor predominancia de lesiones en jugadores de tenis que en jugadoras (Hartwell et al., 2017); la gran importancia del ejercicio excéntrico en el tratamiento y prevención de lesiones tendinosas demostrado por la evidencia más reciente, además de la mejora de las propiedades tendinosas en sujetos sanos (Quinlan et al., 2019); los efectos positivos del trabajo de fuerza isométrico sobre la musculatura, además del rendimiento y la prevención de lesiones (Oranchuk et al., 2019); la falta de estudios en los que se compare los efectos que tiene sobre el tendón el ejercicio excéntrico versus isométrico (Quinlan et al., 2019); y por último, la necesidad creciente de determinar un protocolo de prevención para las lesiones de hombro en jugadores de tenis, encontrando como único precedente el estudio realizado por Sollic et al. (2023).

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

3.1. Objetivo principal:

Determinar si el ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectivo que el ejercicio excéntrico o que el isométrico por sí solos, o no realizar ejercicio de fuerza, en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas jóvenes entre 17 y 24 años.

3.2 Objetivos específicos:

Determinar si el ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectivo que el ejercicio excéntrico o que el isométrico por sí solos, o no realizar ejercicio de fuerza, en cuanto al mantenimiento o la mejora de la fuerza de la musculatura integradora del manguito de los rotadores.

Comprobar si el ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectivo que el ejercicio excéntrico o que el isométrico por sí solos, o no realizar ejercicio de fuerza, en cuanto a la mejora de los rangos de movilidad específicos de la articulación del hombro (extensión, flexión, rotación interna, rotación externa, aducción y abducción).

Evaluar mediante una prueba ecográfica el estado normal/saludable de las estructuras anatómicas del manguito de los rotadores.

3.3 Hipótesis del estudio:

La aplicación del ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectiva que los ejercicios excéntricos e isométricos por sí solos en la prevención de tendinopatía del manguito de los rotadores en jugadores de tenis entre 17 y 24.

4. METODOLOGÍA

4.1. DISEÑO

El tipo de estudio que se va a llevar a cabo es un trabajo de investigación experimental aleatorizado.

4.2. MUESTRA Y FORMACIÓN DE GRUPOS

Para la elección de la muestra de nuestro estudio se ha realizado un muestreo probabilístico aleatorizado entre los jugadores de tenis de las universidades estadounidenses pertenecientes a la NCAA D1 que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión.

Se contactará con la asociación NCAA (National Collegiate Athletic Association) para compartir con ellos la idea de estudio y proponerles una colaboración para realizar el mismo, solicitando ayudas y facilidades tanto económicas como logísticas. Una vez que la asociación dé el visto bueno, lo cual se prevé que hará, ya que cada vez están más implicados con la investigación y el seguimiento de la

salud y el rendimiento de sus deportistas (incluso tienen una división encargada de realizar un seguimiento de las lesiones en todos los deportes, la cual podría estar muy interesada en que se realice este estudio), se contactará con todos los departamentos de salud de las 32 universidades con las que se quiere trabajar.

Se comunicará a los departamentos de preparación física y fisioterapia de cada equipo los detalles del estudio, qué es lo que se necesita de ellos y cómo se llevará a cabo todo el proceso. Una vez hayan confirmado su interés en participar deberán comprometerse a cumplir todos los protocolos del estudio sin salirse de las directrices acordadas, obviamente se aceptarán sugerencias por parte de los departamentos de salud de las universidades y se someterán a consenso por si se tuviera que cambiar algún aspecto del estudio. Si alguna universidad de las seleccionadas no quisiera formar parte del estudio simplemente se reduciría la muestra y se realizaría con aquellas dispuestas a participar.

Para ser aceptados en el estudio, los sujetos seleccionados deben cumplir los siguientes criterios de inclusión y de exclusión:

Criterios de inclusión

- Los sujetos deben ser hombres.
- Tener una edad comprendida entre 17 y 24 años.
- Ser un jugador de tenis en activo.
- Ser integrante de un equipo de tenis perteneciente a una universidad estadounidense de NCAA D1.
- Los sujetos deben estar sanos, sin sintomatologías ni patologías relevantes en el momento del inicio del estudio que puedan alterar los resultados del este.
- Presentar firmado por ellos mismos o por su padre/madre/tutor (en caso de ser menores de edad) un consentimiento informado en el que se autoriza la participación en el estudio (visible en Anexos).

Criterios de exclusión

- Presentar alguna lesión de miembro superior al comienzo de la investigación.
- Haber sufrido alguna lesión relevante de miembro superior durante el último año antes de la investigación.
- Tener antecedentes de cirugía de hombro.

Para obtener el tamaño de la muestra se ha consultado y utilizado la información de varias fuentes. Se ha podido obtener las cifras de número total de jugadores en EE. UU. y de cuántos de ellos tenían entre 17 y 24 años, además de poder estimar cuántos de ellos serían hombres en el reporte de participación en el tenis elaborado por Tennis Industry Association (2019).

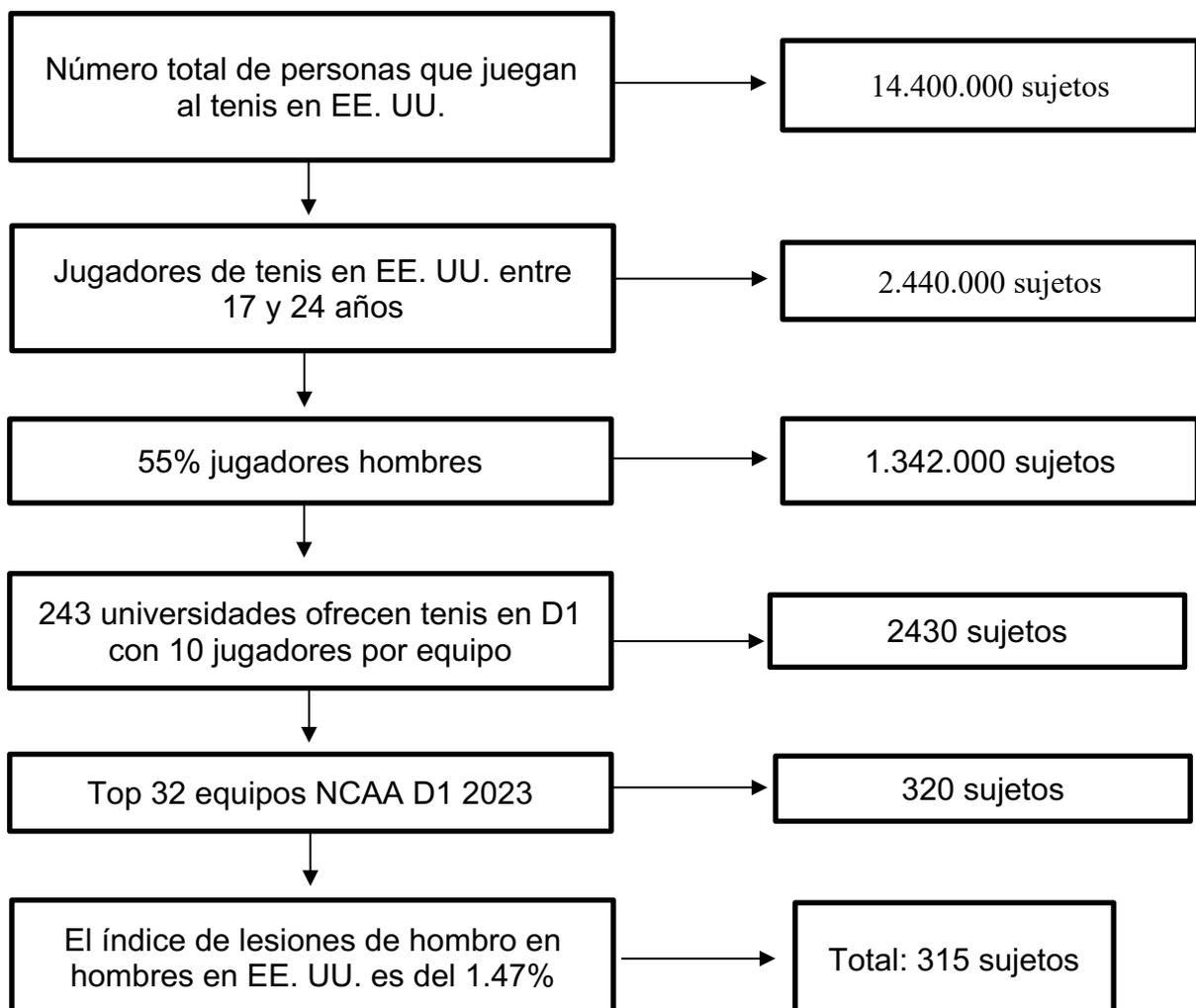
Además, se pudo obtener unos datos aproximados cuántos jugadores forman un equipo de tenis universitario (10 de media) y de cuantas universidades de NCAA D1 tienen equipo de tenis utilizando los artículos de Oddo (2022) y Athleticademix (2019) para finalmente obtener la cifra final de universidades de NCAA D1 que tienen equipo de tenis para hombres, siendo esta de 243 según la base de datos NCAA Directory (2023).

Por último, se redujo la muestra restando el 1,47%, valor que representa el índice de lesiones de hombro en hombres en E.E.U.U. (Moreno, 2016).

Por tanto, la muestra final se compone de 315 sujetos como se puede observar en la figura 1.

Figura 1

Diagrama del tamaño muestral



Nota: Diagrama con la muestra total una vez han cumplido los sujetos con los criterios de inclusión y exclusión. Elaboración propia.

En cuanto a la elección de los grupos, tanto la de los experimentales como la del grupo control se realizará mediante métodos probabilísticos aleatorios simples.

Todos los participantes firmarán un consentimiento informado (Anexo 1) posteriormente los sujetos serán divididos de forma aleatoria por una persona ajena a la investigación en 4 grupos a través del software *IBM SPSS Statistics para Windows*, versión 29.0. (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Se creará un grupo de ejercicio concéntrico, un grupo de ejercicio excéntrico, un grupo de ejercicio isométrico y, por último, un grupo control.

Este estudio de investigación cumple con los criterios establecidos en la declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013), además de estar aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad de las Islas Baleares (CER).

4.3. VARIABLES Y MATERIAL DE MEDIDA

4.3.1. Número de lesiones en el manguito rotador

Esta será la variable a medir para dar respuesta al objetivo principal. Se registrará el número de nuevas lesiones sufridas desde el inicio del estudio que afecten de algún modo a alguna estructura integradora del manguito de los rotadores. Se detallará la fecha de la lesión, la duración de la misma (cuantificar los días sin poder entrenar o competir con normalidad) y el tipo de la lesión (clasificándolas en musculares, tendinosas u óseas).

Variable dependiente, cuantitativa discreta numérica, obtenida a través de un número entero registrado mediante el registro médico electrónico Sports Injury Monitoring System, conocido como SIMS, de FlanTech Computer Service (Chandran et al., 2021).

4.3.2. Activación de la musculatura integradora del manguito rotador

Se buscará valorar la fuerza de la musculatura integradora del manguito rotador (supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular) mediante una prueba de electromiografía realizada en cada uno los músculos integrantes en la que se medirá el nivel de activación de cada músculo de forma analítica solicitando activaciones musculares en rotación externa (infraespinoso y redondo menor), rotación interna (subescapular) y abducción del hombro de los primeros 15° (supraespinoso) para activar la musculatura a valorar.

Es una variable dependiente, cuantitativa continua, obtenida a través de MS (milisegundos) registrados por el electro miógrafo que se utilizará en este estudio, el EMG32 ADS1299 utilizado en el estudio realizado por Pei et al. (2022), el cuál se puede visualizar en la figura 2.

4.3.3. Movilidad activa y pasiva del hombro (ambos lados)

Se trata de una variable dependiente, cuantitativa continua, obtenida a través de grados de movimiento (o), registrados utilizando un goniómetro universal validado

y utilizado en el estudio realizado por Hirschhorn et al. (2015), el cuál se puede visualizar en la figura 3.

Se valorarán los grados de movilidad tanto activa como pasiva en los diferentes movimientos realizados por la articulación del hombro: flexión, extensión, rotación interna, rotación externa, aducción y abducción. Esto permitirá determinar si los valores de movilidad obtenidos están dentro de los considerados normales/sanos para cada movimiento o presenta limitaciones en alguno de los movimientos.

4.3.4. Exploración ecográfica de las estructuras anatómicas del manguito rotador

Es una variable dependiente y cualitativa nominal, ya que el resultado es o bien “patológico” o bien “no patológico”

Realizar con el médico traumatológico perteneciente al equipo médico de la universidad o asociado a ella, al inicio, mitad y final del estudio. Guardando como pruebas visuales las imágenes de todas las exploraciones de cada jugador.

El ecógrafo que será utilizado para las exploraciones que se realizarán durante el estudio es el ecógrafo Logiq S7 Expert R3 utilizado y validado en el estudio realizado por Garcia-Molina et al. (2020), el cuál se puede visualizar en la figura 4.

4.3.5. Intervención realizada en el propio estudio

Será la única variable independiente del estudio, y será la propia intervención que se realiza en el mismo.

4.3.6. Variables control

Las variables que pueden afectar al estudio son el sexo, la edad, la dieta, las horas de sueño, la percepción de descanso, la composición corporal de los sujetos, la carga de entrenamientos y partidos de cada sujeto durante el año.

4.4. Procedimiento

4.4.1. Fase 1: Firma del consentimiento informado

Se enviará mediante correo electrónico tanto a las universidades como a los posibles sujetos el día 15 de agosto, dejando margen hasta el 25 de agosto para firmar y enviar el documento y así poder participar en la investigación

4.4.2. Fase 2: Evaluación inicial de los sujetos, exploración y recogida de datos

Se llevará a cabo en las instalaciones de cada universidad desde el 25 de agosto al 15 de septiembre y será llevada a cabo por uno de los investigadores principales,

un médico traumatólogo, un fisio y un preparador físico de la universidad en la que se realizan las pruebas.

Se realizará una recogida de datos personales y una evaluación de las variables detalladas anteriormente con su protocolo específico.

4.4.3. Fase 3: Intervención con entrenamiento de fuerza

Protocolo de entrenamiento consistente en realizar 2 sesiones a la semana separadas entre sí por un mínimo de 48h en las que se realizarán ejercicios para el trabajo de la fuerza (isométricos, excéntricos, ambos o ninguno dependiendo del grupo) y la movilidad (común a todos los grupos).

Las sesiones de trabajo a desarrollar serán sesiones complementarias al trabajo físico principal ya desarrollado por cada equipo y constarán de las siguientes partes:

Calentamiento:

Protocolo para realizar después del calentamiento general del deportista, tanto antes de cada sesión de entrenamiento con raqueta o partido como antes de cada sesión específica de fuerza para el manguito de los rotadores.

- **Movilidad articular hombros:**
 - Movimientos circulares de brazos hacia delante: Primero unilateral y después bilateral. 5 repeticiones de cada.
 - Movimientos circulares de brazos hacia atrás: Primero unilateral y después bilateral. 5 repeticiones de cada.
 - Movimientos lineales de flexo extensión de hombros: Primero unilateral y después bilateral. 5 repeticiones de cada.
 - Movimientos lineales de aducción-abducción de hombros: Primero unilateral y después bilateral. 5 repeticiones de cada.
- **Activación muscular mediante contracciones concéntricas resistidas por banda elástica de resistencia media (3-4 kg):**
 - Flexión hombro: Primero unilateral, 5 repeticiones por lado, y después bilateral, 5 repeticiones. Goma anclada detrás del sujeto y agarre prono de la misma.
 - Abducción hombro primeros 15°: Unilateral, 10 repeticiones por lado. Goma anclada medial al sujeto, totalmente perpendicular a la mano y a la altura de esta en posición anatómica. Agarre prono de la goma.
 - Rotación externa de hombro desde flexión de 90° de codo: Unilateral, 10 repeticiones por lado. Goma anclada medial al sujeto, con una inclinación paralela a las fibras del músculo infraespinoso. Agarre neutro de la goma y colocar foam entre codo y tronco del paciente.
 - Rotación interna del hombro desde flexión de 90° de codo: Unilateral, 10 repeticiones por lado. Goma anclada lateral al sujeto,

perpendicular al brazo del sujeto. Agarre neutro de la goma y colocar foam entre codo y tronco del paciente.

Parte principal:

-Grupo Isométrico:

- Movilidad glenohumeral con banda elástica
- Movilidad de rotación externa de hombro con barra de madera
- Movilidad de rotación interna de hombro con barra de madera
- Rotación externa de hombro desde flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde flexión de codo de 90°
- Abducción de hombro primeros 15°
- Aducción de hombro
- Rotación externa de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°

Este grupo trabajará siempre realizando contracciones isométricas de 6 segundos (Ayala-Obando et al., 2021), partiendo de las posiciones iniciales mostradas en el Anexo 4, y terminando en las posiciones finales mostradas, visualizables también en el Anexo 4. Se realizarán 2 series completas de la sesión detallada anteriormente, siendo la carga y el volumen de repeticiones de cada serie determinados por la escala de esfuerzo percibido por el sujeto (RPE), visualizable en la figura 7, en la que siempre se trabajará en valores de entre un 7 y 7,5 de esfuerzo percibido (Zourdos et al., 2016).

-Grupo Excéntrico:

- Movilidad glenohumeral con banda elástica
- Movilidad de rotación externa de hombro con barra de madera
- Movilidad de rotación interna de hombro con barra de madera
- Rotación externa de hombro desde flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde flexión de codo de 90°
- Abducción de hombro primeros 15°
- Aducción de hombro
- Rotación externa de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°

Este grupo entrenará siempre realizando trabajo excéntrico mediante los ejercicios detallados anteriormente y observables en el Anexo 4. Al realizar los ejercicios buscando contracciones excéntricas las cargas serán siempre superiores a la carga máxima soportada por el sujeto (Arboleda-Franco, 2015). Al ser las cargas mayores a la capacidad máxima del sujeto, se realizarán 2 series completas de la sesión detallada anteriormente, siendo la carga y el volumen de repeticiones de cada serie

determinados por la escala de esfuerzo percibido por el sujeto (RPE), visualizable en la figura 7, en la que siempre se trabajará con un nivel de esfuerzo percibido de 10, es decir, máximo (Zourdos et al., 2016).

-Grupo Isométrico + Excéntrico:

- Movilidad glenohumeral con banda elástica
- Movilidad de rotación externa de hombro con barra de madera
- Movilidad de rotación interna de hombro con barra de madera
- Rotación externa de hombro desde flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde flexión de codo de 90°
- Abducción de hombro primeros 15°
- Aducción de hombro
- Rotación externa de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°
- Rotación interna de hombro desde abducción de hombro de 90° y flexión de codo de 90°

Este grupo trabajará combinando la metodología del grupo isométrico con la del grupo excéntrico, realizando un total de 2 series por cada ejercicio, una de ellas siguiendo el protocolo de isométrico y la otra siguiendo el protocolo de excéntrico.

-Grupo Control:

- Movilidad glenohumeral con banda elástica
- Movilidad de rotación externa de hombro con barra de madera
- Movilidad de rotación interna de hombro con barra de madera

El grupo control solamente añadirá a sus sesiones habituales el protocolo de calentamiento común a todos los grupos y los ejercicios específicos de movilidad incluidos en la sesión.

4.4.4. Fase 4: Seguimiento

Se realizará un seguimiento entre el 5 y el 25 de enero, en el cual se volverán a evaluar todos aspectos medidos en la evaluación inicial de septiembre.

Además de un seguimiento continuado por parte de los investigadores del estudio en el que se incluirán inspecciones, asistencia a sesiones de entrenamiento programadas y pertenecientes al estudio, feedback (semanal/mensual) por parte de los jugadores y preparadores físicos/fisios participantes en la investigación.

4.4.5. Fase 5: Reevaluación

Se realizará una reevaluación final, consistente en una nueva toma de los datos que se obtuvieron en la evaluación inicial de septiembre llevando a cabo las mismas pruebas y test. Se realizará entre el 15 de mayo y el 5 de junio, fijando las fechas específicas dependiendo del calendario competitivo de cada equipo y de la fecha en la que finalicen su temporada.

4.4.6. Fase 6: Análisis de datos

Los investigadores procesarán y analizarán en un período de 3 meses desde la conclusión del estudio (5 de junio) todos los datos recogidos durante el estudio entre septiembre y junio, utilizando el software estadístico *IBM SPSS Statistics para Windows*, versión 29.0. (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

Se analizarán los datos al inicio y al final del estudio en cuanto a las variables estudiadas:

-Valores de fuerza de supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular: mediante una prueba de electromiografía realizada directamente en el vientre muscular a valorar, en la que se solicitará una contracción máxima del músculo y se registrará el valor más alto de activación muscular y velocidad del impulso nervioso.

-Rango de movilidad en rotación interna y externa: se evaluará tanto la movilidad pasiva como la activa de estos dos movimientos, utilizando un goniómetro.

-Número total de lesiones de manguito de los rotadores durante el tiempo que dura el estudio: registro de las lesiones sufridas por los sujetos participantes en el estudio, detallando fecha de la lesión, mecanismo lesional, tipo de lesión (muscular, tendinosa u ósea), estructura lesionada y número de días que el jugador ha pasado sin poder entrenar o competir con el equipo.

4.5. ANÁLISIS DE DATOS

Para realizar el análisis de datos de los resultados se utilizará el software estadístico *IBM SPSS Statistics para Windows*, versión 29.0. (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Se recogerán datos relativos a los valores de fuerza en los músculos que forman el manguito de los rotadores, datos en cuanto a la movilidad en rotación interna y externa, comparando los datos recogidos a principios del estudio con los registrados al final de este. Además, se recopilarán durante la temporada el número total de lesiones en miembro superior sufridas por todos los sujetos del estudio.

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

Para el análisis de las variables cuantitativas (fuerza musculatura integradora del manguito rotador y movilidad activa de hombro) se obtendrá la media y la mediana como variables de tendencia central; la desviación típica, la varianza y el rango total para obtener información acerca de las medidas de variabilidad.

Una vez se obtengan dichos datos resultantes, con ellos se procederá a determinar la distribución de las variables para concluir si estas son paramétricas o no paramétricas usando la prueba de Kolmogorov Smirnov. Para la estadística inferencial de las variables cuantitativas se usará la Correlación de Spearman (en caso de variables no paramétricas) o la Correlación de Pearson

(en caso de que las variables sean paramétricas) para relacionar el protocolo del entrenamiento de fuerza con las demás variables cuantitativas, lo cual será imprescindible para evaluar el objetivo principal.

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

5. EQUIPO INVESTIGADOR

Para la adecuada realización de la investigación, se contará con un equipo investigador competente y cualificado. Dicho equipo estará compuesto por 2 investigadores principales, 35 graduados en CAFYD, 32 graduados en Fisioterapia y 32 médicos traumatólogos. En la siguiente tabla se detallan las funciones de cada miembro del equipo (Anexo I. Figura 6). Se dividirá el equipo investigador en 32 grupos de tal forma que el trabajo estará repartido equitativamente, entre los grupos de investigación que conforman las diversas universidades

Las fases de recogida de datos, evaluación inicial y reevaluación se realizarán tanto en los gimnasios de cada universidad como en los servicios de fisioterapia internos o externos adjuntos a las universidades. Dicha fase estará supervisada por los dos investigadores principales, los 35 graduados en CAFYD, 32 graduados en Fisioterapia y 32 médicos traumatólogos.

En la fase de intervención, se llevará a cabo en los respectivos gimnasios de las universidades, también se dividirá al equipo investigador en los 32 grupos anteriormente nombrados. Dicha fase estará supervisada por los dos investigadores principales y los 35 graduados en CAFYD. De esta forma, la ejecución de los ejercicios estará totalmente supervisada, habrá personal competente para atender a todos los sujetos y los cuales siempre estarán con los mismos miembros del equipo.

6. VIABILIDAD DEL ESTUDIO

La financiación del estudio se llevará a cabo mediante 2 vías: solicitud de becas y acuerdos con distintas organizaciones como la USTA (United States Tennis Association), la NCAA (National Collegiate Athletic Association) y la ITA (Intercollegiate Tennis Association).

Se formalizará un acuerdo con las diversas universidades de la NCAA para poder realizar el estudio en sus instalaciones. Esto abaratará los costes del estudio, ya que las universidades prestarán sus instalaciones tanto de gimnasio, como gabinetes de fisioterapia donde se realizarán las pruebas ecográficas. Las distintas universidades aparecerán como sedes del estudio.

Del mismo modo se formalizará un acuerdo con los Fisioterapeutas, los cuales se encarguen de las pruebas ecográficas. Además se concienciará desde el primer

momento a los sujetos que opten a participar en el estudio de la utilidad y relevancia de esta intervención para cada uno de ellos.

Además, se solicitarán las becas “NCAA Innovations in research and practice grant program” (NCAA Research, 2023), que dotará al equipo investigador de un máximo de 35.000\$. Este dinero será destinado al pago de parte de los gastos destinados al personal participante en la investigación, los seguros correspondientes por si pasara cualquier imprevisto durante la realización de la intervención y la compra de ecógrafos en el caso de las universidades que no dispongan de él en su departamento médico o de fisioterapia.

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

En cuanto a las limitaciones del estudio, estas se pueden resumir en las siguientes:

- La muestra del estudio ha sido estimada y puede haber ligeras variaciones en el momento de inicio del estudio.
- La validez externa del estudio es otra de las limitaciones que se ha encontrado, ya que los resultados sólo son aplicables al rango de edad incluido en la investigación.

Al ser un diseño, aún no se ha llevado al comité ético. Por este motivo, cabe destacar que el diseño podría sufrir alguna modificación durante el proceso de aprobación para poderse llevar a cabo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, S., Naaz, N., & Fernandes, S. (2022). The incidence of injuries across various tennis surfaces: A Systematic review. *ITF coaching & sport science review*, 30(88), 39-44. <https://doi.org/10.52383/itfcoaching.v30i88.353>
- Alrabaa, R. G., Lobao, M. H., & Levine, W. N. (2020). Rotator cuff injuries in tennis players. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 13(6), 734-747. <https://doi.org/10.1007/s12178-020-09675-3>
- Arnal-Gómez, A., Espí-López, G. V., Cano-Heras, D., Muñoz-Gómez, E., Tejedor, I. B., De La Torre, M. V. R., & López-González, Á. A. (2020). Revisión bibliográfica sobre la eficacia del ejercicio excéntrico como tratamiento para la tendinopatía del tendón de Aquiles. *Archivos de prevención de riesgos laborales*, 23(2), 211-233. <https://doi.org/10.12961/aprl.2020.23.02.07>
- Arboleda-Franco, S. A. (2014). *Efectos de un entrenamiento con sobrecarga excéntrica sobre la fuerza, la capacidad funcional y la masa muscular en personas mayores de 65 años*. [Tesis doctoral, Universidad de León]. Buleria Unileon. https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/3671/tesis_eb6bd3.PDF?sequence=1&isAllowed=y
- Athleticademix. (2019). *Tennis at College*. <https://athleticademix.com/tennis-at-college/>
- Ayala-Obando, D. A., Coque-Martinez, A. I., Arias Moreno, E.R., Estrella-Patarón, C. P., & Caguana-Caguana, J. G. (2021). Los ejercicios isométricos como preparación física en el rendimiento deportivo de jóvenes futbolistas. *Polo del Conocimiento*, 6(6), 1279-1294. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2819>
- BOE-A-2023-2632 *Real decreto 53/2023, de 31 de enero, por el que se aprueba el Reglamento del Comité Español de Ética de la Investigación*. (2023). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/31/53>
- Camargo, P. R., Albuquerque-Sendín, F., & Salvini, T. F. (2014). Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: Review and Perspectives. *World journal of orthopedics*, 5(5), 634. <https://doi.org/10.5312/wjo.v5.i5.634>
- Chandran, A., Morris, S. N., Wasserman, E. B., Boltz, A. J., & Collins, C. L. (2021). Methods of the National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance Program, 2014–2015 through 2018–2019. *Journal of Athletic Training*, 56(7), 616-621. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-406-20>

- Charbonnier, C., Chagué, S., Kolo, F., & Lädermann, A. (2014). Shoulder motion during tennis serve: Dynamic and radiological evaluation based on motion capture and magnetic resonance imaging. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 10(8), 1289-1297. <https://doi.org/10.1007/s11548-014-1135-4>
- Da Silva, C. A., Mortatti, A. L., Silva, R. P., Da Silva, G. B., Erberelli, V. F. T., Stefanini, F., & Lima, M. R. (2013). Acute effect of isometric resistance exercise on blood pressure of normotensive healthy subjects. *International Journal of Cardiology*, 168(3), 2883-2886. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2013.03.104>
- De Souza, R. V., & Araújo, V. L. (2016). The effect of eccentric training on tissue repair in individuals with Achilles tendinopathy: a literature review. *MTP&RehabJournal*, 14, 378. <https://doi.org/10.17784/mtprehabjournal.2016.14.378>
- Hartwell, M. J., Fong, S. M., & Colvin, A. (2017). Withdrawals and retirements in professional tennis players. *Sports Health*, 9(2), 154-161. <https://doi.org/10.1177/1941738116680335>
- Hernández-Belmonte, A., Courel-Ibáñez, J., Conesa-Ros, E., Martínez-Cava, A., & Pallarés, J. G. (2022). Level of Effort: A Reliable and Practical Alternative to the Velocity-Based Approach for Monitoring Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(11), 2992-2999. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004060>
- Hirschhorn, A. D., Lockhart, J. W., & Breckenridge, J. D. (2015). Can a physical activity monitor provide a valid measure of arm elevation angle? A study to assess agreement between the SenseWear Mini Armband and the universal goniometer. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0507-4>
- Martin, C., Kulpa, R., Ropars, M., Delamarche, P., & Bideau, B. (2013). Identification of temporal pathomechanical factors during the tennis serve. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(11), 2113-2119. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318299ae3b>
- Maruvada, S., Madrazo-Ibarra, A., & Varacallo, M. (2023). *Anatomy, Rotator Cuff*. Treasure Island.
- Moreno, A. (2016). Roturas completas del manguito de los rotadores. clasificación del manejo en el paciente joven, el deportista y el anciano. evidencia de reparación con doble fila o fila sencilla. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 30, 36- 48. <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2016.09.011>
- Naidoo, N., Lazarus, L., De Gama, B. Z., Ajayi, N. O., & Satyapal, K. S. (2014). Arterial supply to the rotator cuff muscles. *International Journal of*

- Morphology*, 32(1), 136-140. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022014000100023>
- NCAA Directory (2023). *Division I Men's Tennis Institutions*. <https://web3.ncaa.org/directory/memberList?type=12&division=I&sportCode=MTE>
- NCAA Research. (2023, Noviembre 10). *Call for Proposals: NCAA Innovations in Research and Practice Grant Program*. https://ncaaorg.s3.amazonaws.com/research/grants/innovations/2024/2024RES_InnovationsGrantCFP.pdf
- Oddo, C. (30 Julio, 2022). *NCAA in the U.S. – a vehicle to the pros, Norrie, Collins, McEnroe, Brady, Isner, 10 questions about college tennis*. Tennis Majors. <https://www.tennismajors.com/college-tennis/ncaa-in-the-u-s-a-vehicle-to-the-pros-norrie-collins-mcenroe-brady-isner-10-questions-about-college-tennis-614368.html>
- Oranchuk, D. J., Storey, A. G., Nelson, A. R., & Cronin, J. (2019). Isometric training and Long-term adaptations: Effects of muscle length, intensity, and intent: a Systematic review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(4), 484-503. <https://doi.org/10.1111/sms.13375>
- Pandey, V., & Willems, W. J. (2015). Rotator cuff tear: A detailed update. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2014.11.003>
- Pei, X., Yan, R., Jiang, G., Qi, T., Jin, H., Dong, S., & Feng, G. (2022). Non-Invasive muscular atrophy causes evaluation for limb fracture based on flexible surface electromyography system. *Sensors*, 22(7), 2640. <https://doi.org/10.3390/s22072640>
- Quinlan, J. I., Narici, M. V., Reeves, N. D., & Franchi, M. V. (2019). Tendon adaptations to eccentric exercise and the implications for older adults. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4(3), 60. <https://doi.org/10.3390/jfmk4030060>
- Robison, H. J., Boltz, A. J., Morris, S. N., Collins, C. L., & Chandran, A. (2021). Epidemiology of injuries in National Collegiate Athletic Association Women's Tennis: 2014–2015 through 2018–2019. *Journal of Athletic Training*, 56(7), 766-772. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-529-20>
- Rueda, J. L. O., & Mesa, F. A. C. (2016). Manguito de los rotadores: Epidemiología, factores de riesgo, historia natural de la enfermedad y pronóstico. revisión de conceptos actuales. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, 30, 2-12. <https://doi.org/10.1016/j.rccot.2016.09.001>
- San José, I., & Pérez, E. (2015). *Método de valoración activo y pasivo de la dorsiflexión de tobillo en futbolistas*. [Trabajo fin de grado, Universidad de

Barcelona]. Depósito Universidad de Barcelona.
<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/96294/1/96294.pdf>

- Sollicec, T. L., Blache, Y., & Rogowski, I. (2023). Effects of an 8-week multimodal program on thoracic posture, glenohumeral range of motion and serve performance in competitive young tennis players. *Frontiers in sports and active living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1128075>
- Tejedor, R. L., Laver, L., & Tejedor, E. L. (2023). Professional tennis players suffer high prevalence of shoulder alterations during the season: a possible tennis shoulder syndrome. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(6), 2152-2159. <https://doi.org/10.1007/s00167-023-07310-5>
- Tennis Industry Association. (Agosto, 2019). *2019 TIA Tennis participation report*. <http://www.tennisindustrymag.com/issues/201908/TIA-report.pdf>
- Varacallo, M., El Bitar, Y., & Mair, S.D. (2022). *Rotator Cuff Syndrome*. Treasure Island.
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*, 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Yamamoto, N., & Itoi, E. (2015). A review of biomechanics of the shoulder and biomechanical concepts of rotator cuff repair. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 2(1), 27-30. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2014.11.004>
- Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., Helms, E., Esgro, B., Duncan, S., Garcia Merino, S., & Blanco, R. (2016). Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 267-275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>

9. ANEXOS

9.1. ANEXO I. TABLAS Y FIGURAS

Figura 2

Electromiógrafo EMG32 ADS1299



Nota. Electromiógrafo EMG32 ADS1299. Recuperado de "MedicalExpo by Virtual Expo Group", s. f. <https://www.medicaexpo.es/prod/shanghai-ncc-medical/product-70026-698951.html>

Figura 3

Goniómetro Moltgen



Nota. Goniómetro para medición de ángulos. Recuperado de "Iberomed Productos Sanitarios", s. f. https://iberomed.es/especialidades/podologia/exploracion-y-diagnostico/goniometros-y-medidores/goniometro-de-moltgen-dimed1a.html?utm_source=google&utm_medium=paid&utm_campaign=max3&gad_source=1

Figura 4

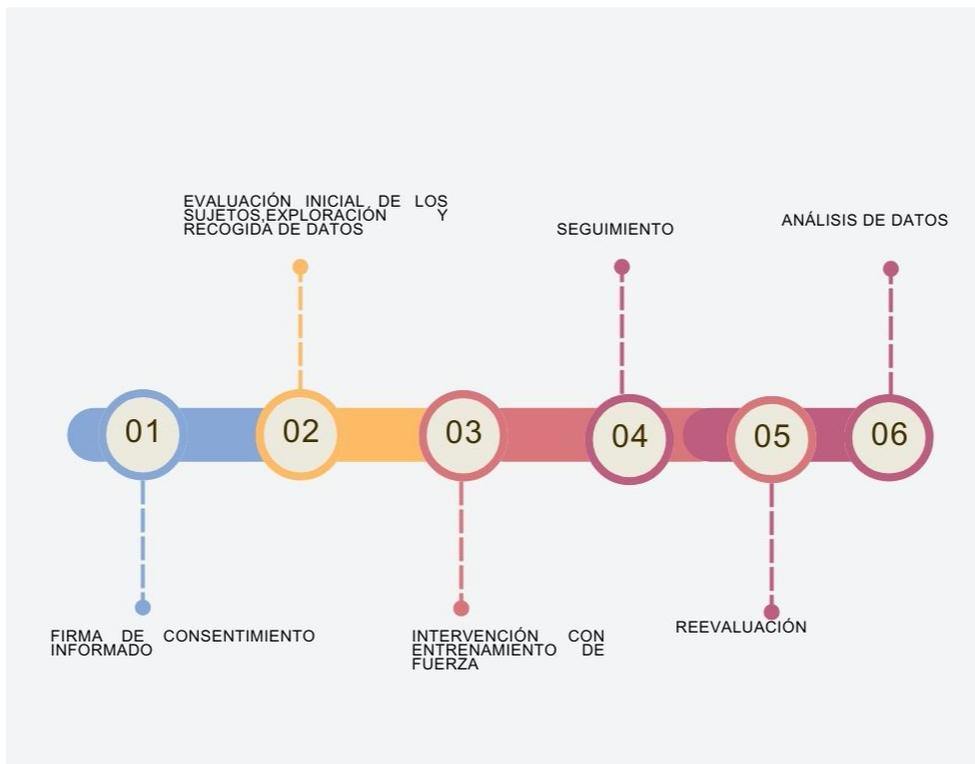
Ecógrafo Logiq S7 Expert R3



Nota. Ecógrafo Logiq S7 Expert R3. Recuperado de "Ortomecánica", s. f. <https://www.ortomecanica.com/producto/equipos-diagnosticos/ecografo-ge-logiq-s7-r3-xdclear>

Figura 5

Línea temporal del procedimiento



Nota. En esta figura se describe la línea temporal del procedimiento del estudio. Elaboración propia.

Figura 6

Funciones del equipo investigador

PERSONAL	CANTIDAD	FUNCIÓN
INVESTIGADOR PRINCIPAL	2	-Reclutar a los sujetos -Supervisión de evaluaciones iniciales y reevaluación - Supervisión de la intervención - Análisis de datos y resultados
GRADUADOS EN CAFYD o EQUIVALENTE EN EE. UU. (1 por cada universidad)	32	-Reclutar a los sujetos -Realizar y proporcionar a los investigadores principales los datos de las evaluaciones iniciales y las reevaluaciones -Guiar la intervención del entrenamiento de fuerza
GRADUADOS EN CAFYD (Supervisores)	3	-Supervisar las intervenciones para su correcto desarrollo
GRADUADOS EN FISIOTERAPIA o EQUIVALENTE EN EE. UU. (1 por cada universidad)	32	-Realizar las pruebas electromiográficas y de movilidad articular (ROM)
MÉDICOS TRAUMATÓLOGOS (1 por cada universidad)	32	-Realizar las exploraciones ecográficas

Nota. En esta figura se describe el personal necesario para la realización de la investigación y las funciones de cada uno de estos. Elaboración propia.

Figura 7

Tabla explicativa de la escala de esfuerzo percibido (RPE)

RESISTANCE EXERCISE-SPECIFIC RATING OF PERCEIVED EXERTION (RPE)	
Rating	Description of Perceived Exertion
10	Maximum effort
9.5	No further repetitions but could increase load
9	1 repetition remaining
8.5	1-2 repetitions remaining
8	2 repetitions remaining
7.5	2-3 repetitions remaining
7	3 repetitions remaining
5-6	4-6 repetitions remaining
3-4	Light effort
1-2	Little to no effort

Nota. Tabla explicativa del RPE que utilizamos en las sesiones de nuestro estudio. Recuperado de “Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve” de Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., Helms, E., Esgro, B., Duncan, S., Garcia Merino, S., & Blanco, R., 2016, *Novel Resistance Training–Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(1), 267-275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>

9.2. ANEXO II. HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título del estudio: “Efectos de diferentes intervenciones de trabajo de fuerza en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas jóvenes de 17 a 24 años”

Participación voluntaria:

El sujeto se ha prestado de forma voluntaria a participar en un estudio para ver los efectos que produce el ejercicio de fuerza. Para ello es necesario que el sujeto o sus padres/tutores legales (si es menor de 18 años) den su consentimiento para la participación en el estudio.

Propósito de este proyecto:

El propósito principal de este proyecto es determinar si el ejercicio isométrico junto al ejercicio excéntrico es más efectivo que el ejercicio excéntrico o que el isométrico por sí solos en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas jóvenes entre 17 y 24 años.

Pruebas:

Si usted acepta participar en el estudio, se comprometerá a:

- Realizar la evaluación inicial
- Exposición a pruebas ecográficas
- Realizar el entrenamiento compuesto por levantamiento de pesas, ejercicios con máquinas y otros ejercicios detallados por el equipo investigador
- Comprometerse a los horarios y días propuestos por las personas responsables del estudio

Beneficios y riesgos previstos:

Conozco que el entrenamiento de fuerza tiene diversos beneficios para la salud y el rendimiento deportivo, como el aumento de masa muscular y fuerza. Del mismo modo, reconozco que existen riesgos inherentes a cualquier programa de ejercicio de fuerza, que pueden incluir, pero no solo se limitan a lesiones traumáticas, esguinces, lesiones musculares.

Duración del estudio y número de pacientes:

El estudio tendrá una duración de 9 meses de septiembre a mayo, ambos incluidos y participarán 315 sujetos.

Confidencialidad y protección de datos:

Los datos personales que nos facilite serán protegidos y únicamente podrán tener acceso a ellos los responsables de la investigación, pero siempre manteniendo la confidencialidad de acuerdo al reglamento UE 2016/679 de 27 abril de 2016 de Protección de Datos (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre (LOPDGDD). El fin de la recogida de datos es únicamente para poder llevar a cabo el estudio.

Seguro y costes:

De cualquier forma, usted va a estar asegurado con una póliza contratada para cubrir posibles riesgos en la participación del estudio. Así mismo, su participación no le va a suponer coste alguno.

El investigador que le proporciona esta información es:

INVESTIGADOR

TELÉFONO

Si necesita información adicional puede pedir ponerse en contacto con los coordinadores del proyecto:

Sergio Peralta
Javier Herrero

650614636
617177365

Formulario de consentimiento informado

Yo _____ con DNI/Pasaporte _____
con domicilio en _____, teléfono _____ y
correo electrónico _____.

He recibido la hoja de información sobre el proyecto:

“Efecto del ejercicio de fuerza en el manguito de los rotadores”

- Se me ha informado de forma suficiente
- He recibido la hoja de información y copia de este documento
- He podido hacer preguntas
- He hablado con _____
- Comprendo que mi participación es voluntaria
- Comprendo que puedo retirarme del estudio:
 - Cuando quiera
 - Sin tener que dar explicaciones
 - Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Manejo de muestras:

- Destrucción de la muestra

Expreso libremente mi conformidad para participar y doy mi consentimiento para recoger los datos relativos a mi participación en el estudio y utilizarlos para el proyecto de investigación.

Firma del paciente _____ Fecha _____

He comentado este proyecto con el paciente en un lenguaje comprensible. Considero que he informado al paciente de la naturaleza del estudio y creo que el paciente ha comprendido esta explicación. He entregado una copia de la hoja de información.

Firma del investigador _____ Fecha _____

Nota: Elaboración propia

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA MENORES DE EDAD

Expreso libremente mi conformidad para participar y doy mi consentimiento para recoger los datos relativos a mi participación en el estudio y utilizarlos para el proyecto de investigación.

Firma del paciente _____ Fecha _____

Firma del padre/ madre/ tutor legal _____

He comentado este proyecto con el paciente en un lenguaje comprensible. Considero que he informado al paciente de la naturaleza del estudio y creo que el paciente ha comprendido esta explicación. He entregado una copia de la hoja de información.

Firma del investigador _____ Fecha _____

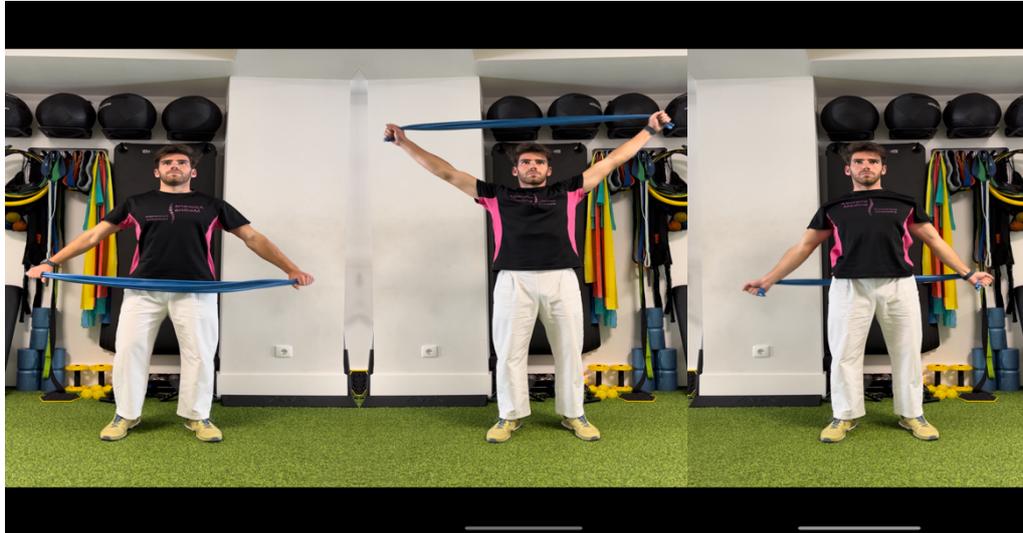
Nota: Elaboración propia

9.3. ANEXO IV. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LAS SESIONES

9.3.1. Ejercicios parte principal de las sesiones

Figura 8

Ejercicio 1: Movilidad glenohumeral con goma elástica



Posición inicial

Posición media

Posición final

Nota. Elaboración propia.

Figura 9

Ejercicio 2: Movilidad en rotación externa de hombro con palo de madera



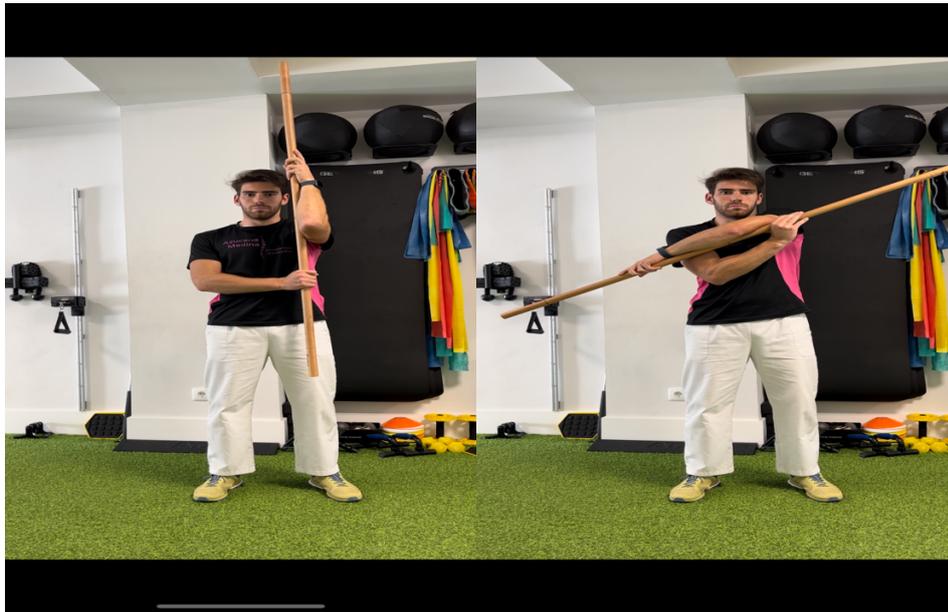
Posición Inicial

Posición Final

Nota. Elaboración propia.

Figura 10

Ejercicio 3: Movilidad en rotación interna de hombro con palo de madera



Posición Inicial

Posición Final

Nota. Elaboración propia.

Figura 11

Ejercicio 4: Rotación externa de hombro isométrica e interna excéntrica, desde flexión de codo de 90°



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Trabaja musculatura rotadora externa en isométrico y excéntrico. Elaboración propia.

Figura 12

Ejercicio 5: Rotación interna de hombro isométrica y externa excéntrica desde flexión de codo de 90°



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Trabajo de musculatura rotadora interna en isométrico y excéntrico. Elaboración propia.

Figura 13

Ejercicio 6: Abducción de hombro primeros 15° isométrica y aducción excéntrica



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Trabajo de musculatura abductora en isométrico y excéntrico. Elaboración propia.

Figura 14

Ejercicio 7: Aducción de hombro isométrica y abducción excéntrica.



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Elaboración propia.

Figura 15

Ejercicio 8: Rotación externa (isométrica) e interna (excéntrica) de hombro desde abducción de hombro y flexión de codo de 90°



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Elaboración propia.

Figura 16

Ejercicio 9: Rotación interna (isométrica) y externa (excéntrica) de hombro desde abducción de hombro y flexión de codo de 90°



Posición Inicial

Posición Final

Nota. La posición inicial y la final son las mismas tanto para el grupo de excéntrico como para el de isométrico. Elaboración propia.