



**UGR** Universidad  
del Gran Rosario

**TESINA**

**Presentada para acceder al título de grado de la  
carrera de**

**LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA**

**Título:**

**“El ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones  
de hombro en tenistas”**

**Autor:**

**Taffarel, Alexis Exequiel. Legajo IUGR-3178**

**Director:**

**Lic. Rabita, Ma. Paula**

**Lugar:**

**Rosario**

**Fecha de Presentación:**

**02/02/2024**

**Firma de Autor:**

## RESUMEN

El ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones de hombro en tenistas profundiza en la evaluación de los ejercicios excéntricos como estrategia preventiva contra lesiones de hombro en el tenis. Con el objetivo de analizar si la inclusión de ejercicios excéntricos dentro de un programa preventivo primario, es eficaz para reducir la incidencia de lesiones de hombro en tenistas, se llevó a cabo una revisión bibliográfica detallada, donde se consultaron bases de datos como PubMed, SCielo, Biblioteca Virtual de Salud y Google Académico, enfocándose en literatura desde el año 2010 hasta la actualidad. Las palabras clave utilizadas abarcaron términos como "Shoulder Injuries", "Eccentric exercises", "Shoulder Joint", "Tennis", y "Prevention", entre otros.

Este trabajo parte de una comprensión integral de las lesiones de hombro en el tenis, abarcando aspectos de epidemiología, biomecánica y los efectos específicos del entrenamiento excéntrico. Se identificaron los factores de riesgo principales, tales como movimientos repetitivos y desequilibrios en la fuerza y movilidad de la articulación del hombro, y se examinó cómo los ejercicios excéntricos, caracterizados por el alargamiento del músculo bajo tensión, pueden fortalecer los tendones y mejorar la resistencia a la fatiga muscular.

La revisión incorporó estudios observacionales, ensayos clínicos, estudios experimentales y revisiones sistemáticas, enfocándose en investigaciones que incluyeran tanto poblaciones de deportistas recreacionales como competitivos de diferentes edades. Se excluyeron aquellos estudios que no se centraron en el hombro o que trataban sobre el tratamiento conservador o quirúrgico de lesiones ya establecidas.

La conclusión de la tesina subraya la relevancia de los ejercicios excéntricos en los programas de entrenamiento para tenistas, presentándolos como una estrategia efectiva para prevenir lesiones del hombro. Además, se destaca la necesidad de investigaciones más específicas en el contexto del tenis para validar completamente estas recomendaciones y adaptarlas específicamente a las exigencias de este deporte.

**Palabras clave:** Shoulder Injuries, Eccentric exercises, Prevention, Tennis, Throwing athletes

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	OBJETIVOS .....	4
III.	MARCO TEÓRICO.....	5
III.A	LESIÓN DEPORTIVA .....	5
<i>III.a.a</i>	<i>Definición y tipos de lesiones .....</i>	<i>5</i>
<i>III.a.b</i>	<i>Epidemiología .....</i>	<i>6</i>
III.B	ASPECTOS ANATOMO-BIOMECÁNICOS DE LAS LESIONES DEL HOMBRO.....	9
III.b.a	El tendón.....	12
III.C	BIOMECÁNICA DEL SERVICIO .....	13
III.D	FACTORES DE RIESGO .....	18
III.E	PREVENCIÓN DE LESIONES .....	21
III.F	ENTRENAMIENTO EXCÉNTRICO.....	22
III.f.a	Características de la contracción muscular excéntrica.....	23
III.f.b	Adaptaciones inducidas por el ejercicio muscular excéntrico.....	24
IV.	JUSTIFICACIÓN .....	27
V.	MÉTODOS.....	28
VI.	RESULTADOS .....	31
VII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	39
VIII.	DISCUSIÓN .....	41
IX.	CONCLUSIÓN.....	43
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	44

## I. INTRODUCCIÓN

El deporte, en sus múltiples y variados estilos, se ha convertido en una de las actividades sociales con mayor arraigo y capacidad de movilización. Tanto el deporte como la actividad física en general vienen siendo practicados en este último tiempo por poblaciones de todo tipo y con un amplio rango de edades, buscando beneficios no solo en cuanto al rendimiento sino también en relación a la salud. La actividad física regular es importante para prevenir y tratar una variedad importante de patologías derivadas de un estilo de vida sedentario, como pueden ser la hipertensión, la osteoporosis, la diabetes, enfermedades cardiovasculares, etc. Sin embargo, el riesgo a sufrir lesiones también aumenta con la práctica deportiva, tanto en deportistas de élite como recreacionales.<sup>1,2</sup>

El tenis es un deporte mundial, con decenas de millones de participantes en todo el mundo y con más de 200 países afiliados a la Federación Internacional de Tenis (ITF)<sup>3</sup>, que ha tenido una evolución, tanto en tecnología como en entrenamiento y en estilos de juego, y un crecimiento importante en los últimos años. Es practicado por jugadores de todas las edades y cada vez se comienza en edades más tempranas, con entrenamientos más frecuentes, de mayor duración e intensidad.

Al igual que en muchos otros deportes, la práctica de tenis, ya sea de forma recreacional o competitiva, expone a los jugadores a distintas lesiones. Si bien muchas de las lesiones que se producen en el tenis son comunes a otros deportes, el tenis se caracteriza por un patrón único de lesiones, las que se deben a las características específicas del deporte, en cuanto a materiales usados, técnicas de juego y aspectos físicos, entre otros.<sup>4</sup> La incidencia de lesiones varía de 0,5 a 2,9 lesiones por jugador y por año, mientras que por hora de juego, la incidencia reportada varía de 0,04 lesiones a 3,0 lesiones por cada 1000 horas.<sup>4</sup> En otros estudios la prevalencia de lesiones causadas por el tenis en jugadores menores de 18 años de elite oscilan desde 2 a 20 lesiones por cada 1000 horas de juego, lo que puede deberse a las diferentes definiciones de "lesión" utilizadas en la literatura.<sup>5</sup>

Según estudios epidemiológicos, los miembros inferiores son los que más se ven afectados, seguidos por los miembros superiores y finalmente el tronco. Las lesiones agudas afectan mayormente a los miembros inferiores, mientras que la mayoría de las lesiones crónicas se ven en los miembros superiores.<sup>4,6</sup> Entre las articulaciones que componen la extremidad superior, el hombro es el que se lesiona con mayor frecuencia,

en contraposición a la idea generalizada de la elevada frecuencia de lesión del codo.<sup>4,6</sup> Siendo las patologías más frecuentes que comprometen a la articulación del hombro la lesión del manguito rotador, el impingement de hombro y los desgarros del labrum superior,<sup>7</sup> debido a la gran demanda impuesta a esta articulación, sobre todo durante el servicio. Este desempeña un papel fundamental en el desarrollo del juego, razón por la cual se ha intensificado su entrenamiento y frecuencia, en busca de mayores velocidades, lo que convierte al servicio en una importante causa de lesiones.<sup>8</sup>

En 1972, Neer popularizó la idea de que el síndrome del manguito rotador se desarrolla de forma secundaria a la fricción del manguito rotador contra el tercio anterior del acromion, el ligamento coracoacromial y la articulación acromioclavicular, específicamente a nivel de la inserción del supraespinoso sobre el troquíter. Por esta razón el 95% de los casos de lesión del manguito rotador implica al tendón del músculo supraespinoso, ya sea solo o junto al resto de los tendones que conforman el manguito.<sup>9</sup>

En el mundo del tenis, el pinzamiento interno es el más relevante. Este tipo de pinzamiento se produce en la posición de lanzamiento, cuando el hombro se sitúa a 90° de abducción y 90° de rotación externa, causando una rotación posterior de los tendones de los músculos supraespinoso e infraespinoso. Esta orientación más posterior de los tendones lleva a que puedan ser comprimidos entre la cabeza humeral y el borde posterosuperior de la cavidad glenoidea.<sup>10</sup>

Se ha demostrado en diversos estudios que los factores de riesgo que pueden desencadenar lesiones en la articulación del hombro en tenistas son los siguientes: movimientos repetitivos, fatiga muscular, disquinesia escapular, debilidad en el manguito de los rotadores, déficit de rotación interna glenohumeral, desbalances musculares, estabilidad alterada, rigidez torácica e hipercifosis, inestabilidad lumbopelvica, déficits de movilidad y fuerza en la cadera, la edad y el nivel y volumen de juego.<sup>11,12</sup>

La evolución del tenis ha llevado a que en la actualidad el juego se caracterice por una gran cantidad de drives y reveses, y sobre todo por un servicio que es considerado el golpe más importante, a partir del cual se da inicio al punto y el cual representa una dificultad para el jugador que debe recibir. Todos estos golpes requieren de una fuerte rotación interna concéntrica del hombro para generar potencia, provocando desequilibrios musculares entre rotadores internos y externos.<sup>4</sup> Las alteraciones en la biomecánica del hombro durante la fase de desaceleración del saque de tenis provocan tensión de los tejidos blandos de la parte posterior de la articulación, lo que

progresivamente causa una disminución de la rotación interna glenohumeral (glenohumeral internal rotation deficit, GIRD). Esta pérdida en el arco de movimiento se relaciona con el desarrollo de lesiones como la tendinopatía del bíceps y del manguito rotador, así como la disquinesia escapular.<sup>13</sup>

Es posible que un programa fortalecedor de la musculatura sobreexigida, en este caso los rotadores internos, junto con la musculatura antagonista (rotadores externos) encargada de desacelerar el movimiento, sea beneficioso para contrarrestar los efectos del sobreuso muscular en los movimientos repetitivos, la asimetría y la fatiga.<sup>9</sup>

El ejercicio excéntrico muy usado en la rehabilitación de patologías que involucran al tendón, consiste en la contracción del músculo para controlar o frenar una carga mientras el músculo y el tendón se estiran o permanecen estirados. Es decir, se trata de la activación muscular durante el estiramiento.<sup>14</sup> Esto ocurre durante la fase de desaceleración del servicio, donde los rotadores externos son los actores principales.

Los ejercicios excéntricos exponen al tendón a una carga mayor en comparación con los concéntricos, razón por la cual constituyen una opción adecuada para fortalecer el mismo. Durante la contracción excéntrica se producen oscilaciones de alta frecuencia en la fuerza del tendón. Estas fluctuaciones podrían explicar el efecto remodelador sobre esta estructura.<sup>14</sup>

La contracción excéntrica es entrenable y presenta las siguientes ventajas teóricas: reclutamiento preferencial de las fibras IIb, lo que estimula fibras de reacción rápida e hipotéticamente es eficaz en la prevención de lesiones miotendinosas, incrementa la rigidez activa muscular, permite generar tensiones mayores que la fuerza isométrica máxima, disminuye la sensibilidad de los órganos tendinosos del Golgi, aumenta la densidad colágena del tendón, consume menos energía metabólica y nerviosa y tiene poco efecto sobre el volumen muscular.<sup>15</sup>

Como ha sido expuesto, el entrenamiento excéntrico tiene unos beneficios considerables, es por ello que, teniendo en cuenta la gran cantidad de practicantes de tenis y la importancia de prevenir la aparición de esta clase de lesiones, se ha planteado en el presente trabajo analizar si el entrenamiento de la fuerza excéntrica es efectivo en la prevención de lesiones de hombro en jugadores de tenis.

## II. OBJETIVOS

### **Objetivo general**

Analizar, a partir de una revisión bibliográfica, si la inclusión de ejercicios excéntricos dentro de un programa preventivo primario, es eficaz para reducir la incidencia de lesiones de hombro en tenistas.

### **Objetivos específicos**

- Identificar cuáles son los factores de riesgo relacionados con la técnica del servicio para el desarrollo de lesiones de hombro.
- Conocer los efectos que el entrenamiento excéntrico provoca sobre los tejidos blandos que forman parte de la articulación del hombro.
- Determinar cuáles son los ejercicios excéntricos a utilizar en la prevención de lesiones de hombro.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **III.a Lesión deportiva**

##### **III.a.a Definición y tipos de lesiones**

Mientras que una lesión física en general puede ser definida como cualquier alteración o daño en el cuerpo que impide que el organismo funcione adecuadamente, y da como resultado la necesidad de un proceso de reparación, una lesión deportiva se puede definir además como cualquier tipo de dolor o daño físico que se produce como resultado del deporte, la actividad física o el ejercicio.<sup>16</sup> Chalmers define este concepto como daño involuntario o intencional en el cuerpo, como resultado de la participación en cualquier actividad o juego que requiere esfuerzo físico emprendido para el entretenimiento o la diversión.<sup>17</sup>

A pesar de los esfuerzos de muchos de los miembros del cuerpo de medicina deportiva, no existe una definición única y universal de lo que es una lesión deportiva. El personal de medicina deportiva emplea actualmente una variedad de definiciones que siguen enunciándose o describiéndose con términos tan variados como área del cuerpo afectada, tipo de tejido afectado, gravedad del daño y tiempo perdido por el atleta, es decir el tiempo que el deportista se encuentra alejado de la competición.<sup>18,19</sup>

Esta cantidad de definiciones disímiles, provoca que los estudios epidemiológicos se vean limitados por la ausencia de un marco coherente para el informe de lesiones, dificultando de esta manera la comparación de resultados tanto para los estudios de lesiones de jugadores de tenis entre sí, como así también la comparación con el resto de los deportes. Por esta razón, se publicó una declaración de consenso en 2009, diseñada específicamente para permitir la documentación estandarizada y el análisis de las lesiones relacionadas con el tenis. Esta declaración de consenso para la vigilancia de las lesiones y enfermedades del tenis adopta el término “condición” en lugar de lesión a fin de recopilar información sobre lesiones y también enfermedades, y lo define como “cualquier queja o manifestación física o psicológica sufrida por un jugador como resultado de un partido de tenis o entrenamiento de tenis, independientemente de la necesidad de atención médica o pérdida de tiempo de las actividades de tenis”.<sup>20</sup>

También define la gravedad de una afección médica como la cantidad de días que han transcurrido desde la fecha de inicio de la afección médica, hasta la fecha en que el jugador regresó a la participación completa en el entrenamiento de tenis y la disponibilidad para el partido.<sup>20</sup>

Las condiciones médicas se pueden clasificar según su modo de inicio, ubicación del cuerpo, lado y estructura afectada.

De acuerdo al modo de inicio y a la presentación de los síntomas las condiciones secundarias a prácticas deportivas se clasifican en agudas y crónicas. Una condición de inicio agudo se refiere a aquella que resulta de un evento específico, identificable o cuando hay un inicio repentino de dolor o discapacidad. Estas se asocian normalmente con hechos significativamente traumáticos, seguidos inmediatamente por un conjunto de signos y síntomas tales como dolor, hinchazón y pérdida de la capacidad funcional. Por otro lado, una condición crónica o de inicio gradual se refiere a aquella que se manifiesta durante un periodo de tiempo, o cuando hay un aumento gradual en la intensidad del dolor o la discapacidad, sin que un solo evento identificable sea el responsable de la condición. Esta tiene lugar por la repetición de la actividad deportiva que, sumada en el tiempo, va produciendo en el organismo una serie de microtraumatismos que llegan a vencer la resistencia del tejido, en consecuencia tales lesiones son denominadas también como “lesión por sobrecarga o por uso excesivo”.<sup>19,20</sup>

### **III.a.b Epidemiología**

Si bien muchas de las lesiones que se producen en el tenis son comunes a otros deportes, dadas las características específicas del tenis en cuanto a material utilizado, técnica de juego y aspectos físicos, se puede argumentar que este deporte tiene un perfil único de lesiones deportivas, y que las diferencias en equipamiento, biomecánica y demandas físicas provocan en los practicantes de tenis un perfil lesivo que difiere al de otros deportes. Otra característica distintiva del tenis es que los partidos no están limitados en duración por un tiempo determinado de juego, y estos a menudo pueden durar varias horas. Además, en el tenis no existe contacto físico directo con el adversario, razón por la cual las lesiones por sobreuso toman mayor relevancia.<sup>4,21</sup>

La incidencia, la gravedad y la naturaleza informada de las lesiones sufridas en el tenis varían considerablemente entre los estudios. Si bien algunas de estas variaciones se pueden explicar por las diferencias en las poblaciones y condiciones de la muestra, las principales razones están relacionadas con las diferencias en las definiciones y metodologías empleadas en los estudios. En los distintos estudios encontrados se puede apreciar una incidencia de lesiones generales en el tenis muy variable. En los artículos en los que se midieron las lesiones por jugador y año la incidencia varió entre 0,4257 y 15. En los artículos en los que se cuantificaron las lesiones por cada 1.000

horas de juego, la incidencia lesional varió entre 0,11 y 3,07. Por último, en los artículos donde se cuantificaron las lesiones por cada 1.000 exposiciones deportivas la incidencia lesional varió entre 2,97 y 48,1.<sup>4,5,7,21,22</sup>

El primer estudio en el que se usó la metodología de clasificación de lesiones recomendada por el consenso de 2009, fue llevado a cabo por Sell y cols., quienes informaron las tendencias de lesiones del Campeonato Abierto de Tenis de EE.UU. de 1994 a 2009. Estos mostraron una tasa de lesiones de 48,1 lesiones por cada 1000 exposiciones, encontraron también una tasa significativamente más alta de lesiones agudas que de lesiones crónicas (27,7 frente a 19,5 lesiones cada 1000 exposiciones) e informaron que la gran mayoría de las lesiones ocurrieron durante los partidos en lugar de los entrenamientos.<sup>22</sup>

En cuanto a la localización y al modo de inicio de las lesiones, la mayoría de los estudios coinciden en que la región corporal que mayormente se ve afectada son los miembros inferiores, seguidos por los miembros superiores y luego por el tronco; y que las lesiones de inicio agudo se dan en un mayor porcentaje que las de inicio gradual.<sup>4-7,23</sup>

Sell y cols., informaron que la tasa de lesiones agudas superaba significativamente a las lesiones por sobreuso, con una tasa de 27,7 frente a 19,5 lesiones por cada 1000 exposiciones respectivamente, y que las lesiones en la extremidades inferiores, con una tasa de 23 lesiones por cada 1000 exposiciones, superaron a las lesiones en las extremidades superiores, cuya tasa de lesiones fue de 17,7 lesiones cada 1000 exposiciones, y a las lesiones en el tronco que tuvieron una tasa de lesiones de 6,12 cada 1000 exposiciones. El tobillo fue el sitio más frecuentemente lesionado, seguido por la muñeca, la rodilla, el pie y el hombro. También informaron que la distribución de las lesiones crónicas fue más uniforme entre las regiones corporales.<sup>22</sup>

Resultados similares pueden observarse en la revisión bibliográfica realizada por Gutierrez y cols., donde mencionan que son las extremidades inferiores las que se ven afectadas en un mayor porcentaje y generalmente son de tipo agudas, seguidas por las lesiones en las extremidades superiores que están más relacionadas con las lesiones por sobreuso, y que las principales lesiones que se dan en los miembros superiores son aquellas producidas por estrés, las tendinopatías, y por último las vasculares.<sup>21</sup>

En un estudio realizado por Dines y cols., se informó, al igual que en los estudios mencionados, que las lesiones agudas tienden a afectar la extremidad inferior y son las

que se dan en mayor cantidad, mientras que las crónicas generalmente involucran a la extremidad superior. Las afecciones de las extremidades superiores que se encuentran comúnmente incluyen: lesión del manguito rotador, pinzamiento interno, desgarros del labrum y lesiones de los tendones del codo.<sup>6</sup>

Abrams y Cols., coinciden en que la mayoría de las lesiones en el tenis se dan en la extremidad inferior en un porcentaje que va del 31% al 67%, seguidas por la extremidad superior en un rango del 20% al 49%, y por último en el tronco con un porcentaje que va del 3% al 21%. Las partes más lesionadas de la extremidad inferior fueron el tobillo y el muslo, y en la extremidad superior son más frecuentes las lesiones de codo y hombro. Otra tendencia encontrada es que las lesiones agudas ocurren habitualmente en la extremidad inferior, mientras que las lesiones crónicas fueron más frecuentes en la extremidad superior y el tronco.<sup>5</sup>

Otro estudio, llevado a cabo por Gescheit y Cols., en el que analizaron la incidencia y gravedad de lesiones en tenistas adolescentes competitivos, mediante un seguimiento de cuatro años, encontraron que la columna lumbar era la zona corporal que mayormente se vio afectada, con una media de 4,7 lesiones cada 1000 horas de exposición, seguidas por las lesiones de hombro con una media de 3,6 lesiones por cada 1000 horas de exposición.<sup>24</sup>

Estos resultados van en línea con los obtenidos en la revisión realizada por Fu et al, teniendo en cuenta la definición de lesión y la clasificación de las mismas recomendadas por el consenso antes mencionado. Estos autores afirman que las lesiones predominan en las extremidades inferiores, seguido por las extremidades superiores y luego el tronco, y que las regiones del cuerpo más afectadas son hombro, codo, columna vertebral, tobillo, y rodilla.<sup>7</sup>

En base a lo expuesto, se puede concluir que lesiones agudas tienden a ocurrir principalmente en las extremidades inferiores, mientras que las lesiones crónicas o por sobreuso se dan más frecuentemente en las extremidades superiores. El tobillo y el muslo son los sitios de la extremidad inferior que mayormente se ven afectados, y es el esguince de tobillo la lesión específica más común. Por otro lado, el hombro y el codo son los sitios de la extremidad superior más afectados. Las patologías más frecuentes que comprometen a la articulación del hombro son las lesiones del manguito rotador y los desgarros del labrum superior. En relación a las estructuras corporales comprometidas, puede observarse en los distintos estudios que los músculos y

tendones son las estructuras que mayormente se ven afectadas, seguidas por las lesiones en articulaciones y ligamentos.

### **III.b Aspectos anatómico-biomecánicos de las lesiones del hombro**

El hombro es el enlace entre la extremidad superior y el tronco. Muchas veces mal entendido como una articulación, el hombro es un complejo articular que comprende las articulaciones glenohumeral, acromioclavicular, esternoclavicular, subacromiodeltoidea y escapulotorácica. Está formado también por todas las estructuras musculares que actúan sobre estas articulaciones.<sup>25,26</sup>

La articulación escapulotorácica no es una articulación anatómica, sino más bien, un punto de contacto entre la superficie anterior de la escápula y la pared posterolateral del tórax. Los movimientos entre la escápula y el tórax son producto de la cooperación entre las articulaciones esternoclavicular y acromioclavicular y del deslizamiento que se da entre el serrato mayor y el subescapular, situados en ambas superficies. Estos movimientos son: elevación y descenso, proyección y retracción, aducción y abducción y rotación ascendente y descendente. El análisis tridimensional de los movimientos de esta articulación describe seis movimientos que se dan en tres planos diferentes: rotación interna y externa, a través de un eje vertical supero-inferior, donde el borde lateral de la escápula se desplaza hacia anterior y posterior respectivamente; rotación superior e inferior, a través de un eje antero-posterior, donde el ángulo inferior se desplaza lateral y cranealmente durante la rotación superior, y medial y caudalmente durante la rotación inferior; inclinación o volteo anterior y posterior alrededor de un eje dirigido lateralmente, donde el ángulo inferior de la escápula se mueve hacia anterior y posterior respectivamente.<sup>26,27</sup>

La articulación glenohumeral está formada por la cabeza grande y convexa del húmero y la concavidad de la superficie de la cavidad glenoidea. El borde de la cavidad glenoidea está rodeado por un anillo de fibrocartilago, conocido como rodete glenoideo o labrum. Su configuración es triangular cuando se observa en un corte transversal y posee inferiormente firmes adhesiones al hueso subyacente. El rodete glenoideo aumenta el área y la profundidad de la cavidad glenoidea en torno al 50% incrementando así la congruencia de las superficies articulares, por lo que contribuye de manera importante con la estabilidad articular.<sup>25,26,28</sup>

La articulación glenohumeral cuenta con tres grados de libertad. Los movimientos principales que se dan en la misma son: flexión, extensión, abducción, aducción, y rotación externa e interna.

La abducción y la aducción se definen tradicionalmente como la rotación del húmero en el plano frontal sobre un eje orientado en dirección anteroposterior. La artrocinemática de la abducción comprende el rodamiento en sentido superior de la cabeza convexa del húmero al tiempo que se desliza en sentido inferior. La artrocinemática de la aducción es parecida a la abducción, pero en dirección inversa. Esta artrocinemática de rodamiento y deslizamiento es esencial para completar la amplitud de abducción, ya que permiten que una superficie convexa más grande ruede sobre una superficie cóncava menor sin salirse de la superficie articular.<sup>27,29,30</sup>

La flexión y extensión de la articulación glenohumeral se definen como la rotación del húmero en el plano sagital sobre un eje medial-lateral de rotación. Si el movimiento se produce estrictamente en el plano sagital, la artrocinemática comprende el giro de la cabeza humeral sobre un punto un tanto fijo en la superficie de la cavidad glenoidea, sin la necesidad de un rodamiento o deslizamiento. La articulación glenohumeral puede conseguir al menos 120 grados de flexión. La capacidad de flexionar el hombro hasta casi 180 grados comprende la rotación ascendente y concurrente de la articulación escapulotorácica. La extensión completa del hombro se produce en una posición de unos 45 a 55 grados detrás del plano frontal.<sup>30</sup>

La rotación interna y externa de la articulación glenohumeral se define como una rotación axial del húmero en el plano horizontal. Esta rotación se produce sobre un eje vertical que discurre por la diáfisis del húmero. La artrocinemática de la rotación externa se produce mientras la cabeza del húmero rueda en sentido posterior y se desliza simultáneamente en sentido anterior por la cavidad glenoidea. La artrocinemática de la rotación interna es similar, excepto en que la dirección del rodamiento y el deslizamiento es inversa. Desde la posición anatómica, suelen ser posibles unos 75 a 85 grados de rotación interna y unos 60 a 70 grados de rotación externa, aunque esto varía mucho entre las personas. En una posición de 90 grados de abducción, la amplitud del movimiento de rotación externa suele aumentar hasta casi 90 grados. La rotación interna máxima suele comprender protracción escapular, y la rotación externa máxima suele incluir retracción escapular.<sup>26,27</sup>

Al igual que el conocimiento de la artrología del complejo articular del hombro, conocer la miología del mismo reviste de gran importancia. La musculatura que forma parte de este complejo está compuesta por estabilizadores proximales, los cuales tienen su origen en la columna vertebral, las costillas y el cráneo y se insertan en la escápula y la clavícula, como son el trapecio, romboides, elevador de la escápula, serrato anterior, pectoral menor y subclavio; y los movilizadores distales que se originan en la escápula y la clavícula y se insertan en el húmero o en el antebrazo, entre los que se encuentran el deltoides, el bíceps braquial, el coracobraquial, el redondo mayor y los músculos del manguito rotador. La función óptima de todo el complejo del hombro se basa en la interdependencia funcional entre los estabilizadores proximales y los movilizadores distales.<sup>29</sup>

El bíceps braquial está compuesto por dos cabezas: una corta que se origina en la punta de la apófisis coracoides de la escápula, y una larga que tiene su origen en el labio glenoideo superior y el tubérculo supraglenoideo. Este músculo posee dos inserciones tendinosas distales: la inserción lateral se dirige a la parte posterior de la tuberosidad del radio, y la inserción medial es aponeurótica; se dirige en la región medial hacia la fascia profunda de los músculos situados en la cara volar del antebrazo.<sup>26,28</sup>

El manguito de los rotadores está formado por cuatro músculos distintos: supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y subescapular. Estos músculos parecen estar separados desde el punto de vista superficial, pero en sus regiones más profundas tienen una relación muy cercana unos con otros, con la cápsula y con el tendón de la cabeza larga del bíceps.

El músculo supraespinoso se origina en la fosa supraespinosa y en la fascia que la cubre, y se inserta en el troquíter. Se encuentra encerrado por la bolsa subacromial y el acromion en la parte superior, y por la cabeza humeral en la parte inferior, así que el tendón puede sufrir compresión o desgaste en este sitio. La función de este músculo es importante porque es activo en cualquier movimiento de elevación del brazo.<sup>26</sup>

El infraespinoso se origina en la fosa infraespinosa de la escápula y la espina escapular; y tiene su inserción en la tuberosidad mayor del húmero, también conocida como troquíter. Es uno de los dos principales rotadores externos del húmero, y produce cerca del 60% de la fuerza para dicha rotación.<sup>26</sup>

El redondo menor tiene su origen muscular en la porción media del borde lateral de la escápula y la fascia densa del infraespinoso, y se inserta en la porción inferior de la

tuberosidad mayor de húmero. Este músculo se contrae junto con el infraespinoso para producir la rotación externa del húmero, ocasionando hasta el 45% de la fuerza.<sup>26</sup>

Por último, el músculo subescapular constituye la porción anterior del manguito de los rotadores. Tiene su origen en la fosa subescapular y se inserta en el troquín del húmero y por debajo de este cubriendo la cabeza y el cuello del húmero. Este músculo funciona como principal rotador interno.<sup>26</sup>

### **III.b.a El tendón**

Los tendones son bandas de tejido conectivo denso situadas entre el músculo y el hueso, cuya función es transmitir la fuerza generada por la contracción muscular al hueso, dando lugar al movimiento articular. A diferencia de los músculos, los tendones no tienen las propiedades de contractilidad, excitabilidad y tono, pero comparten con ellos las distintas propiedades de elasticidad. En toda su longitud, poseen tres zonas específicas: la unión miotendinosa, es decir la unión del músculo con el tendón, la zona media o cuerpo del tendón y la unión osteotendinosa, esto es, el punto de unión del tendón con el hueso.<sup>31,32</sup>

En general, el tejido conjuntivo o conectivo está formado por células, las cuales están muy separadas entre sí, y una matriz extracelular (MEC) que ocupa los espacios intercelulares existentes, la cual incluye fibras proteínicas (de colágeno, elásticas y reticulares) y un componente amorfo que contiene moléculas especializadas (proteoglicanos, glucoproteínas multiadhesivas y glucosaminoglicanos) que constituyen la sustancia fundamental, la que ocupa el espacio entre las células y las fibras.<sup>33</sup>

Las fibras de colágeno son el componente estructural más abundante del tendón, son flexibles y tienen una importante resistencia a la tensión. La alineación del colágeno a lo largo del eje largo del tendón da como resultado un tejido altamente anisotrópico, particularmente adecuado para el rol de transferencia de tensión del tendón. Las fibras de colágeno de los tendones están compuestas en su mayor parte por colágeno de tipo I.<sup>31,33,34</sup>

En los tendones, las fibras de colágeno tipo I, se encuentran dispuestas paralelamente entre sí y formando fascículos tendinosos. Estos fascículos están separados unos de otros por tejido conjuntivo denso irregular, el endotendón, por el cual transcurren vasos y nervios. Por último, algunos tendones, están rodeado por el paratendón, un tejido conectivo adicional de tipo laxo o moderadamente denso asociado

al tendón, que presenta además de vasos sanguíneos y nervios, fibras elásticas, reticulares y algunas células sinoviales.<sup>31,32,35</sup>

Los tendones, en sus extremos, se unen por un lado con el músculo, en la unión miotendinosa, y por el otro al hueso, en la unión osteotendinosa. Estas uniones son llamadas zonas de transición.

La unión osteotendinosa, que comprende la unión entre el hueso y el tendón, se denomina entesis; ésta puede ser fibrosa o fibrocartilaginosa, en función al tipo de tejido que se presenta en la zona de unión. Los huesos están rodeados por una capa de tejido conectivo llamada periostio, compuesta por tejido conectivo denso con algunas fibras elásticas y abundantes fibras colágenas.<sup>32,34</sup> Estas fibras pertenecientes al periostio se continúan con las de los tendones, y en otros casos, las fibras de colágeno del tendón penetran directamente en el hueso en forma de fibras de Sharpey.<sup>35,36</sup>

Las uniones miotendinosas son regiones especializadas donde las fibras musculares se unen a las fibras colágenas del tendón, transfiriendo así las fuerzas producidas por la contracción muscular al tendón. A diferencia de la inserción del tendón en el hueso, la transición entre el tendón y el músculo es abrupta en lugar de gradual. Ultraestructuralmente el extremo de la fibra muscular muestra evaginaciones e invaginaciones digitiformes de la membrana plasmática a las que se adapta la lámina basal configurando un aspecto irregular en “dientes de sierra”. Además, algunas de las fibras de colágeno del tendón penetran en el músculo para formar interdigitaciones complejas con las hendiduras de las fibras musculares, de forma que aumentan la superficie de anclaje y mejoran de forma global la fuerza de la inserción. El ángulo que forma el tendón y el músculo es cercano a cero grados, con la finalidad de disminuir la tensión sobre la unión miotendinosa. En esta región es donde se localizan los órganos tendinosos de Golgi y los receptores nerviosos.<sup>34,35</sup>

### **III.c Biomecánica del servicio**

El tenis ha experimentado numerosos cambios durante su historia, y principalmente en las últimas décadas, en cuanto a materiales utilizados, técnicas, tácticas, entre otros, lo que ha provocado que el juego en la actualidad se caracterice por una mayor potencia y velocidad. Esto puede verse reflejado en el valor que ha cobrado el servicio dentro del juego, siendo considerado el golpe más importante, principalmente en canchas rápidas.

La importancia de este golpe radica en que es el que da el inicio al punto, a partir del cual el jugador que sirve puede empezar a dominar el juego o también ganar el punto directamente a través del servicio. Además, este golpe es ejecutado una gran cantidad de veces por partido lo que le otorga un papel fundamental en el juego.

El servicio tiene el potencial de provocar lesiones musculoesqueléticas, debido a la naturaleza repetitiva del gesto y a la potencia y aceleración requeridas en un breve periodo de tiempo. Sumado a esto, el gesto demanda grandes rangos de movimientos tanto de la articulación glenohumeral como de la articulación escapulotorácica en lo que al hombro respecta, los cuales deben ser ejecutados por encima de la cabeza suponiendo grandes demandas para el miembro superior, y en especial para el hombro.<sup>8,37-39</sup>

La técnica del saque o servicio puede ser dividida en tres fases distintas: preparación, aceleración y seguimiento. Las fases reflejan las distintas funciones dinámicas del servicio: almacenar energía durante la fase de preparación, liberar energía en la fase de aceleración y desacelerar durante la fase de seguimiento.<sup>40,41</sup>

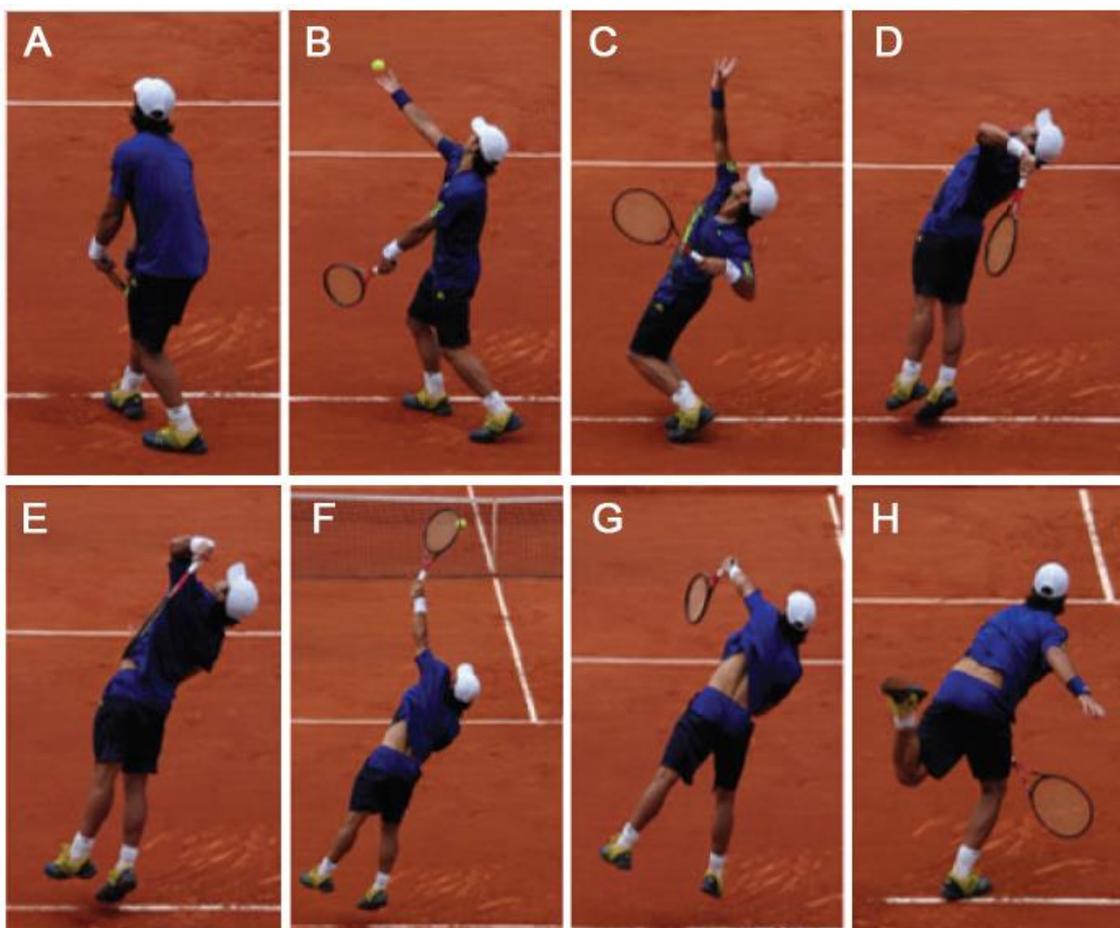


Figura – 1 Las tres fases del servicio. Figuras A-D corresponden a la fase de

preparación. Figuras E y F corresponden a la fase de aceleración. Figuras G y H representan la fase de seguimiento.<sup>40</sup>

La fase de preparación comienza desde la postura inicial del servicio, con una base estable para el inicio del movimiento, con ambos pies completamente apoyados sobre el piso y el peso del cuerpo sobre el pie trasero, y termina en el punto de máxima rotación externa del hombro dominante, postura conocida como “cocking”.<sup>37</sup>

Durante el comienzo de la fase de preparación, la actividad en la musculatura del hombro y de la región escapular es escasa, ya que la demanda es baja. Antes de entrar en la última etapa de esta fase, el brazo dominante se eleva en promedio 74 grados con una desviación estandar de 18 grados, al mismo tiempo que se abduce entre 7 y 31 grados y se rota externamente unos 63 grados aproximadamente, con respecto al torso. La escápula acompaña este movimiento con un giro hacia afuera y una rotación superior.<sup>40,42,43</sup>

Por último, durante la etapa de “cocking”, la raqueta es llevada hacia abajo y atrás del torso, mediante la rotación externa máxima del hombro, movimiento que se da rápidamente después de la posición conseguida en la etapa anterior. Esta colocación permite una mayor energía potencial pero requiere un rango óptimo de movimiento, posicionamiento y estabilización en toda la región del hombro. En esta etapa, se produce en la articulación escapulo torácica, un movimiento de rotación externa e inclinación o volteo posterior de unos 27 grados en promedio. En el instante de máxima rotación externa del hombro, el mismo se abduce  $101^{\circ} \pm 13^{\circ}$ , se aduce horizontalmente  $7^{\circ} \pm 13^{\circ}$  y se rota externamente  $172^{\circ} \pm 12^{\circ}$ ; el codo está flexionado  $104^{\circ} \pm 12^{\circ}$ ; y la muñeca se extiende  $66^{\circ} \pm 19^{\circ}$ .<sup>40,44</sup> La magnitud de la rotación externa es similar a la de los lanzadores de béisbol de élite, de  $175^{\circ}$  a  $185^{\circ}$ . Dicha posición provoca una contracción excéntrica y un pretensado de la musculatura anterior del hombro, en especial de los rotadores internos. La configuración del hombro que exhiben los jugadores de tenis al final de la fase de preparación parece exceder el rango normal de rotación externa del hombro, al igual que como sucede en los lanzadores.<sup>40,43,44</sup>



Figura – 2 Posición del miembro superior durante la etapa de “Cocking”.<sup>40</sup>

La fase de aceleración comienza desde el momento en que se da inicio a la rotación interna del hombro, una vez terminada la rotación externa máxima, hasta el impacto de la pelota. Está determinada por la carga conseguida en la fase anterior. Aquí, la energía potencial almacenada en las estructuras se convierte en energía cinética. La aceleración de la raqueta antes del impacto de la bola está acompañada por una rápida inversión de la rotación del tronco, que va a pasar desde la hiperextensión y la flexión lateral al

lado del brazo hábil, a la flexión del tronco y la inclinación del mismo hacia el lado contrario.<sup>39,40,45</sup>

Por otra parte, durante esta fase, el hombro se abduce y rota internamente, mientras que la escápula aumenta su rotación interna, y se inclina anteriormente.<sup>42</sup> Esta fase de aceleración del servicio se caracteriza principalmente por la rotación interna y la aducción horizontal del hombro, lo cual es generado predominantemente por el pectoral mayor, subescapular, el dorsal ancho y el serrato anterior. La rápida rotación interna del hombro contribuye en gran medida para la producción de un servicio de gran velocidad.<sup>37,43,46</sup>

La fase de seguimiento es la más violenta del servicio de tenis, y requiere la desaceleración del movimiento, con cargas excéntricas tanto en la parte superior como en la parte inferior del cuerpo. Esta etapa es la encargada de disipar las fuerzas de distracción y aceleración generadas en la etapa anterior, y recuperar la posición normal del cuerpo. Los movimientos que se dan en el hombro durante esta fase son: aducción, flexión y rotación interna glenohumeral, acompañados por una rotación inferior e inclinación posterior de la articulación escapulotorácica.<sup>42</sup>

Durante esta fase, los músculos rotadores externos del hombro cumplen un rol fundamental, desarrollando una importante fuerza excéntrica para lograr frenar este movimiento.<sup>36</sup>

La actividad de la fuerza de desaceleración entre el tronco y el brazo durante la etapa de desaceleración puede ser tan alta como 300 N·m. Esta fuerza estabiliza el hombro contra las fuerzas de distracción de 0,5 a 0,75 veces el peso corporal. También hay una actividad moderadamente alta en los músculos posteriores del manguito rotador, en el serrato anterior, el bíceps braquial, el deltoides y el dorsal ancho.<sup>40</sup>



Figura – 3 Etapas finales de la fase de seguimiento.<sup>40</sup>

### III.d Factores de riesgo

La predisposición a la lesión que tiene un jugador de tenis es conocido como el perfil lesional del mismo y está dado por la interacción entre los factores de riesgo propios del individuo en conjunto con los adquiridos por la práctica del deporte.

Numerosos estudios epidemiológicos, de diversos autores, coinciden en que las lesiones de hombro ocupan un lugar importante dentro del espectro de lesiones que afectan a los tenistas, y son una de las principales dentro de la categoría de lesiones crónicas o por uso excesivo, ya que dicha articulación se encuentra sometida a enormes cargas durante el juego.

La identificación de las posibles causas o los factores que pueden conducir a estas lesiones es fundamental para poder, posteriormente, elaborar un plan preventivo enfocado en el control de estos factores, su reducción o su eliminación, en el caso de ser posible, con el objetivo de prevenir la aparición de lesiones, o en el caso de que el sujeto ya haya presentado una lesión, prevenir o reducir las recidivas.

Los factores de riesgo pueden ser divididos principalmente en dos categorías: factores internos, es decir, aquellos que son propios de la persona, y, por otro lado, factores externos, los cuales están relacionados con el ambiente. De la misma manera,

y tal vez más convenientemente, pueden ser divididos en factores de riesgo modificables y no modificables. Con respecto al deporte y al objetivo de prevenir lesiones en los deportistas, son de mayor interés los factores de riesgo que pueden ser modificados por medio de un plan de entrenamiento.

Los factores internos o intrínsecos no suelen actuar de forma simultánea con los externos o extrínsecos en el momento en que ocurre la lesión y, aislados raras veces son suficientes para causar lesiones. Sin embargo, la interacción de eventos y de ambos tipos de factores de riesgo predisponen al deportista a la lesión.<sup>47</sup>

Se ha demostrado en diversos estudios que los factores de riesgo que pueden desencadenar lesiones en la articulación del hombro en tenistas son los siguientes: movimientos repetitivos, fatiga muscular, disquinesia escapular, debilidad en el manguito de los rotadores, GIRD, desbalances musculares, alteración de la estabilidad, inestabilidad lumbopélvica, déficits de movilidad y fuerza en la cadera, la edad y el nivel y volumen de juego.<sup>11,12,48</sup>

Un estudio sobre la biomecánica del servicio encontró que las cargas transmitidas al hombro y codo aumentaron en un 17% y en un 23% en ausencia de una flexión de rodilla adecuada al intentar producir una velocidad de servicio similar a la de uno realizado con una correcta flexión de rodillas. Además, la capacidad de un jugador para usar de manera eficiente la cadena cinética depende del nivel de experiencia, por lo que jugadores avanzados son más efectivos en reducir las demandas transmitidas a las articulaciones de las extremidades superiores.<sup>6,41,45</sup>

Las altas cargas y fuerzas producidas por el complejo del hombro durante los servicios y distintos golpes en el tenis constituyen un factor de mayor riesgo de lesión en dicha estructura. Así, las lesiones en el tenis pueden ocurrir como respuesta a una actividad repetitiva o por una carga demasiado elevada que causen un estrés en la musculatura. En general, los atletas que asumen de forma habitual una posición del brazo por encima de la cabeza, es decir, rotación externa máxima junto con abducción y elevación del hombro, son vulnerables a sufrir pinzamientos internos producidos por una inestabilidad de la articulación glenohumeral, el uso excesivo o la fatiga de la musculatura.<sup>49</sup>

En la ejecución del servicio, durante la última parte de la fase de preparación, cuando el brazo se encuentra a 90 grados de abducción y máxima rotación externa, se produce lo que se conoce como choque posterosuperior. En esta posición, las fibras posteriores

del supraespinoso y las fibras anteriores del infraespinoso entran en contacto entre el húmero y el labrum posterior y superior, lo que provoca daños en la estructura de estos músculos, pudiendo derivar en desgarros del manguito rotador.<sup>50</sup>

El carácter repetitivo del gesto del servicio, las grandes velocidades a las cuales es ejecutado y la gran frecuencia con la que es entrenado, no solo genera reiterados microtraumas en la articulación del hombro, sino que también, genera importantes adaptaciones en los tenistas. Estas adaptaciones anatómicas y mecánicas involucran tanto el rango de movimiento rotatorio del hombro, como el desequilibrio en la fuerza de los músculos rotadores agonistas y antagonistas que actúan sobre esta articulación, y la disquinesia escapular. Dichas adaptaciones tienen implicancias en la producción de lesiones.<sup>51</sup>

Varios autores identificaron cambios en el rango de movimiento del hombro dominante, como consecuencia de la técnica de los golpes de fondo y principalmente del servicio. La repetición de estos golpes afectan tejidos blandos y hueso produciendo cambios adaptativos en los mismos como laxitud de la cápsula anterior, contractura de la cápsula posterior y un incremento en la retroversión humeral, lo cual se traduce clínicamente en aumento de la rotación externa y disminución significativa de la rotación interna del brazo dominante en contraste con el no dominante, característica conocida como GIRD.<sup>48,51</sup> La literatura actual diferencia entre GIRD anatómico y GIRD patológico. El primero, puede ser definido como una pérdida de rotación interna mayor a 20 grados en comparación con el hombro contralateral. Por otro lado, GIRD patológico se define como la pérdida de rotación interna glenohumeral combinada con una pérdida del rango total de movimiento superior a 5 grados.<sup>39,52</sup>

En cuanto a la fuerza de los músculos que actúan sobre la articulación, diferentes estudios demostraron la existencia de significativos desequilibrios entre los músculos agonistas y los respectivos antagonistas, con un importante aumento de la fuerza de rotación interna y equivalencia o disminución de la fuerza de rotación externa en el brazo dominante.<sup>48,50,51,53</sup> Esta disminución de la fuerza de rotación externa es aún mayor en jugadores con historial de dolor de hombro.<sup>48,51</sup> La proporción normal de la relación entre rotación externa e interna es del 66%. En tenistas sanos esta relación es de 60 – 75% en el hombro dominante y de 70 – 80% en el hombro no dominante, lo que significa que la rotación externa debe tener al menos 2/3 de la fuerza de rotación interna. Estos datos reflejan el desarrollo selectivo de los rotadores internos del hombro dominante, los cuales se contraen de manera concéntrica y de forma explosiva durante la fase de

aceleración del servicio, sobrecargándose y reduciendo su flexibilidad, mientras que los rotadores externos, mediante una contracción excéntrica, se encargan de frenar el movimiento luego del impacto con la pelota, pudiendo verse debilitados y aumentando la amplitud de este movimiento. Estas grandes demandas impuestas a músculos relativamente pequeños como son los rotadores externos pueden causar roturas parciales del músculo y la cápsula, lo cual deriva en una afección del manguito de los rotadores.<sup>45,50,51</sup>

La disquinesia escapular se define como la alteración de la posición y el movimiento de la escápula causada por contractura, debilidad o desbalance de los músculos escapulares y constituye otro importante factor de riesgo en la producción de lesiones en los tenistas. Es el resultado de un incremento del volteo anterior, una disminución de la rotación superior y un aumento en la rotación interna, lo que deriva en una reducción significativa del espacio subacromial. Las consecuencias clínicas pueden incluir pinzamiento subacromial, bursitis subacromial y tendinosis del manguito rotador o de la porción larga del biceps.<sup>54,55</sup>

### **III.e Prevención de lesiones**

Podríamos definir la prevención como cualquier medida o disposición que se toma de manera anticipada para evitar o minimizar las probabilidades de que ocurra un evento desfavorable o dañino, en este caso, una lesión.

En el ámbito deportivo, la prevención de las lesiones supone un tema de gran relevancia en torno a la salud y al rendimiento del deportista. En consecuencia, hay interés en diseñar programas exitosos de trabajo preventivo, con el objetivo de reducir la morbilidad de las lesiones en los deportistas, repercutiendo directamente sobre los aspectos económicos al reducirse los gastos derivados de las mismas.

A la hora de planificar un programa de prevención de lesiones, se debe establecer una serie de principios básicos para que el diseño y la programación del entrenamiento sea lo más ordenado y adecuado posible. Van Mechelen desarrolló un modelo, en el cual estableció una serie de pasos a tener en cuenta para el diseño de tareas con el propósito de prevenir lesiones en el deporte. Éste ha sido utilizado hasta la actualidad por una gran parte de los investigadores como “columna vertebral” de sus trabajos de prevención.<sup>56</sup>

Siguiendo el mismo, en primer lugar, se deben identificar y describir las lesiones más habituales y lo que éstas suponen en la práctica deportiva. Como segundo paso, se debería profundizar en los factores y los mecanismos que pueden provocar estas lesiones. En tercer lugar, se introducirían las tareas y el conjunto de medidas para reducir el riesgo de sufrir la lesión, basándose estas medidas en los factores etiológicos, es decir aquellos que son considerados como la causa de la lesión, y el mecanismo que la provoca, ya descrito en el paso anterior. Finalmente, en el último paso se evaluarían los efectos producidos por las medidas aplicadas, los cuales retroalimentarán el conocimiento. Una vez terminado el proceso se vuelve a pasar al primer paso y se vuelve a repetir con los posibles aportes recibidos.<sup>56</sup>

Años más tarde, Van Tiggelen, propuso una modificación de la secuencia planteada por Van Mechelen, refiriéndose concretamente a la prevención de lesiones por sobreuso. Esta consta de siete pasos: los dos primeros son iguales a los dos primeros de Van Mechelen, cuyo objetivo es establecer el alcance de la lesión, la etiología y los mecanismos de la misma. El tercer y cuarto paso tratan de proponer medidas preventivas y establecer la eficacia de las mismas. Si éstas son positivas se continúan con el siguiente paso, en caso contrario se vuelven a proponer medidas preventivas. El quinto y sexto paso tratan por un lado de establecer la eficiencia de las medidas preventivas, y por otro, evaluar la conformidad de las conductas de riesgo de las mismas. En caso de que una de las dos sea negativa, se deberá modificar o proponer otra medida preventiva (paso cuatro) y repetir el proceso. Si por el contrario, ambos se consideran aceptables, se continuará al séptimo y último paso, donde se evaluará la eficacia de la medida preventiva empezando desde el principio.<sup>57</sup>

### **III.f Entrenamiento excéntrico**

El entrenamiento excéntrico se ha convertido en el último tiempo en un componente importante en el abordaje de patologías musculotendinosas, y también en la prevención de lesiones musculares y tendinosas.<sup>14</sup>

En el campo de la actividad física y el deporte, el entrenamiento de la fuerza es uno de los principales contenidos a desarrollar. Dentro del mismo, según la manifestación de la fuerza, se pueden encontrar una primera clasificación establecida en función del desplazamiento de las fibras musculares. De esta manera, se pueden diferenciar, por un lado, las contracciones isométricas o estáticas, donde se genera tensión, pero no se produce una modificación en la longitud del músculo; es decir, los puntos de origen e inserción se mantienen invariables. Por otro lado, las contracciones isotónicas o

dinámicas, en las cuales la contracción muscular además de producir tensión, genera una modificación de la longitud del músculo. A su vez, las contracciones isotónicas o dinámicas pueden volver a clasificarse, obteniendo de esta manera dos tipos de contracciones: concéntricas, cuando la longitud del músculo disminuye, produciéndose un acortamiento del mismo y una aceleración; y excéntricas, cuando la longitud muscular aumenta, produciéndose un alargamiento del músculo como consecuencia de que la tensión que se genera es menor que la resistencia externa que se le aplica. Estas últimas contracciones se encuentran relacionadas con la desaceleración de los movimientos, o la absorción de energía, la cual puede ser almacenada y utilizada en una contracción concéntrica inmediata, o, puede ser liberada en forma de calor, lo que explica que este tipo de acción muscular provoque un incremento mayor de la temperatura muscular que el trabajo concéntrico.<sup>58,59</sup>

### **III.f.a Características de la contracción muscular excéntrica**

El funcionamiento de la contracción muscular excéntrica, no solo se diferencia del resto de las contracciones musculares por la variación de la longitud del músculo y el sentido de dicha variación, sino que presenta algunas particularidades que hacen de esta modalidad de contracción una interesante herramienta para la prevención y el abordaje de lesiones musculares y tendinosas.<sup>59</sup>

Se ha demostrado que las contracciones excéntricas son capaces de desarrollar mayores picos de fuerza que las contracciones concéntricas e isométricas. Esta superioridad en la magnitud de la fuerza alcanzada por las contracciones excéntricas puede llegar a ser de alrededor de un 20-30% en comparación a la tensión generada por las contracciones isométricas.<sup>58</sup> Este comportamiento puede ser explicado en función de los puentes cruzados. Cuando un músculo es alargado activamente desde una situación isométrica, los puentes cruzados unidos son estirados y esto aumenta la tensión media generada por cada puente cruzado, y después de cierto grado de estiramiento se produce un desacoplamiento y un rápido acoplamiento. De esta manera el pequeño rango de rigidez muscular que se produce en el inicio de la contracción excéntrica, se debería al aumento de la tensión media producida por cada puente cruzado. En la medida en que el alargamiento continúe, los puentes se acoplan rápidamente, produciendo otra vez una gran tensión muscular.<sup>14,15,58,60</sup>

Por otra parte, la contracción excéntrica conlleva una menor activación muscular que la contracción concéntrica e isométrica. Diversos autores coinciden en que la activación de determinados grupos musculares es entre un 35 y un 60% menor durante una

contracción excéntrica que durante una contracción concéntrica equivalente. Esta menor activación de unidades motoras provoca que la distribución de la carga se reparta en un menor número de unidades motoras. Por lo tanto la tensión generada por una fibra muscular activa es mayor en el ejercicio excéntrico.<sup>58</sup>

Otra característica de las contracciones excéntricas es que requieren un coste energético menor que las contracciones concéntricas e isométricas. Diversos estudios han demostrado que durante el ejercicio excéntrico, el consumo de oxígeno y la respuesta cardiorrespiratoria son ostensiblemente inferiores, en comparación con un ejercicio concéntrico equivalente.<sup>59</sup>

### **III.f.b Adaptaciones inducidas por el ejercicio muscular excéntrico**

Los ejercicios excéntricos pueden provocar daños musculares al inicio de su aplicación en sujetos sin experiencia previa, tales como disminución de la fuerza, dolor muscular de aparición tardía, sensibilidad, entre otros; pero cuando los mismos son realizados nuevamente, estos daños en los músculos son considerablemente menores, ya que se produce una serie de adaptaciones en relación a la carga a la cual el músculo es sometido. Este fenómeno es conocido como “Efecto de la repetición de carga” (RBE) y se caracteriza por una mayor velocidad de recuperación muscular, menor inflamación, menores aumentos en los marcadores sanguíneos de daño muscular y menos anomalías detectadas en los estudios de imagen. Si bien el daño muscular provocado por el ejercicio inicial parece un requisito necesario para que se produzca este efecto, se ha demostrado que esta respuesta adaptativa puede ser conseguida sin inducir un daño muscular. A su vez, el RBE parece estar relacionado con la longitud muscular a la cual se desarrollan las contracciones excéntricas del ejercicio inicial, siendo aquellas llevadas a cabo a altas longitudes musculares, más susceptibles de inducir el RBE, y con la intensidad a la que se desarrollen, la cual debe ser cercana al máximo.<sup>58-61</sup>

Una de las adaptaciones generadas por los ejercicios es la hipertrofia muscular, la cual se define como un aumento en el tamaño muscular. El número total de sarcómeros en serie y en paralelo aumenta, lo que resulta en un aumento de la longitud del fascículo y el ángulo de penación, y, en consecuencia, aumento del área de sección transversal del músculo.<sup>58</sup> Se ha demostrado que el entrenamiento excéntrico produce una mayor hipertrofia muscular que el entrenamiento concéntrico, aunque la localización de la misma parece ser diferente. En este sentido, se ha informado que el entrenamiento excéntrico tiende a inducir mayores aumentos de tamaño en la zona distal del músculo,

mientras que la hipertrofia muscular media se produce en mayor medida después del entrenamiento concéntrico. Además, cuando la carga a la cual se entrena excéntricamente es mayor a la fuerza máxima concéntrica, la hipertrofia generada es mayor. A su vez, en un estudio realizado por Farthing y Cols, se demostró que el entrenamiento excéntrico a velocidades altas (180°/s), es más efectivo para la producción de hipertrofia y de fuerza muscular que el entrenamiento concéntrico a velocidades tanto rápidas como lentas (30°/s). A mayor velocidad, se producen también incrementos superiores de la fuerza excéntrica del miembro contralateral .<sup>62-65</sup>

Por otra parte, el entrenamiento excéntrico también está relacionado con el incremento de la fuerza muscular. En este sentido, se ha demostrado que el entrenamiento excéntrico produce similares o mayores incrementos en la fuerza máxima isométrica, fuerza máxima concéntrica y fuerza máxima excéntrica, cuando es comparado con el entrenamiento concéntrico y con el entrenamiento combinado, es decir aquellos que aplican contracciones concéntricas y excéntricas. Cuando se utilizan cargas excéntricas mayores que la fuerza máxima concéntrica, el entrenamiento excéntrico generalmente conduce a mayores aumentos de la fuerza general. Dichos aumentos en la fuerza estarían provocados principalmente por adaptaciones neurales en un corto plazo, relacionadas con las mejoras en la capacidad de reclutar rápidamente unidades motoras de mayor tamaño y con aumentos en la frecuencia de los disparos de las unidades motoras, mientras que con el paso del tiempo la hipertrofia muscular iría ganando protagonismo. En la práctica, el entrenamiento de resistencia tradicional que combina acciones excéntricas y concéntricas sigue siendo el más frecuente. El uso de ejercicios tradicionales con sobrecarga adicional por encima del máximo concéntrico durante la fase excéntrica puede, por lo tanto, maximizar los resultados a través de la fuerza concéntrica, isométrica y excéntrica.<sup>58,62,63,66</sup>

El entrenamiento excéntrico provoca también una serie de adaptaciones neuronales, las cuales pueden ocurrir a nivel de la corteza motora, la médula espinal o la unión neuromuscular. Dichas adaptaciones pueden explicar el aumento desproporcionado de la fuerza muscular en comparación con el tamaño del músculo, durante las etapas iniciales del entrenamiento.<sup>60</sup>

El entrenamiento excéntrico provoca también adaptaciones tendinosas. Tradicionalmente se ha considerado que los tendones eran estructuras relativamente no vascularizadas, inertes e inelásticas. Sin embargo, desde hace un tiempo, se ha apreciado la naturaleza dinámica de la matriz extracelular del tendón, lo cual ha

demostrado que estos responden a las fuerzas mecánicas. Los cambios en la estructura y función del tendón parecen estar mediados en parte por el tipo de contracción, y parece que maximizar la tensión del tendón y aumentar el tiempo de exposición del tendón a la carga, puede ser necesario para optimizar la respuesta adaptativa. En un estudio realizado por Malliaras y cols., en el que investigaron la influencia del tipo de contracción y la intensidad de la carga en las propiedades mecánicas del tendón rotuliano, concluyeron que el módulo de Young del tendón, al igual que la rigidez del mismo, aumentaron cuando la intensidad del ejercicio excéntrico era entre el 75 y 100% de la contracción isométrica máxima.<sup>67</sup> Por otro lado, se ha señalado que la cantidad de colágeno tipo I aumenta en el tejido peritendinoso posteriormente al ejercicio excéntrico. El aumento en la formación de colágeno alcanza un máximo alrededor de 24 h después del ejercicio y permanece elevado durante aproximadamente tres días, lo que produce un balance positivo de formación de colágeno.<sup>14,63,68</sup>

La rigidez describe la relación entre una fuerza aplicada y la cantidad de deformación elástica que se produce en la estructura. Para un buen rendimiento, se requiere un nivel de rigidez que optimice la utilización del ciclo de estiramiento-acortamiento. Un nivel excesivo de rigidez puede provocar una reducción del rango de movimiento y aumento de la carga; mientras que, si la rigidez disminuye demasiado, puede permitir un movimiento excesivo en la articulación, pudiendo predisponer a lesiones de tejidos blandos. En relación a esto, se ha demostrado que la carga crónica aumenta la rigidez del tendón y posiblemente el área de sección transversal, lo que podría ayudar al almacenamiento y retorno de la energía de tensión elástica durante los movimientos.<sup>34,58</sup>

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

La participación deportiva en sus múltiples y variadas modalidades presenta grandes beneficios en relación a la salud. Sin embargo, también es cierto que su realización incrementa considerablemente el riesgo de sufrir lesiones, tanto para deportistas de élite como recreacionales. Durante la práctica de tenis una de las articulaciones que se ve constantemente demandada es el hombro, ya que está involucrado en todos los gestos técnicos de este deporte.

Las lesiones producidas en los distintos deportes, incluido el tenis, provocan una alteración en la vida de la persona que la experimenta y su entorno. Dependiendo de la gravedad de la lesión, el resultado podría ser una imposibilidad para continuar realizando las actividades diarias con normalidad. En el caso de deportistas recreacionales, una lesión derivaría en bajas en los días laborales, mientras que en el caso de deportistas profesionales significaría un cese en los entrenamientos o en la competencia. En ambos casos esto se traduce en consecuencias socioeconómicas importantes, tanto a nivel personal como a nivel social.

Teniendo en cuenta que el tenis es practicado por una gran cantidad de personas, y que la prevención de lesiones es uno de los grandes objetivos de la kinesiología, es que se consideraría de suma importancia la investigación de esta problemática.

## V. MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se llevó a cabo una revisión de la bibliografía científica consultando las distintas bases de datos disponibles en internet: PubMed, SCielo, Biblioteca Virtual de Salud (BVS), y Google Académico.

Se emplearon las siguientes palabras claves:

MeSH	DeCS	Término Libre
Shoulder Injuries	Lesiones del hombro	Eccentric exercises
Shoulder Joint	Tenis	Prevention
Tennis	Entrenamiento de Fuerza	Overhead
Rotator Cuff		Throwing athletes

Se utilizaron las siguientes combinaciones:

- ("shoulder injuries" [MeSH Terms] OR tennis [MeSH Terms]) AND prevention
- ("shoulder injuries" [MeSH Terms] OR tennis [MeSH Terms]) AND "eccentric exercises"
- "Shoulder injuries" [MeSH Terms] AND ("exercise program" OR prevention)
- "Athletic Injuries" [Mesh] AND Tennis [Mesh]
- ("Traumatismos en atletas" [Decs] OR "lesiones de hombro") AND Tennis [Decs]
- ("lesiones del hombro" [Decs] OR tenis [Decs]) AND prevención
- "Shoulder Injuries" [Mesh] AND "overhead athletes" OR prevention
- "Lesiones del hombro" [Decs] AND "atletas supracraneales"

Para asegurar que la información recopilada sea relevante y actualizada, se incluirán únicamente estudios publicados a partir del año 2010 hasta la fecha actual.

Se consideraron estudios publicados en inglés y español para abordar la diversidad de la literatura disponible.

En relación con los criterios de inclusión y exclusión, se consideraron investigaciones que utilizaron una variedad de metodologías, como ensayos clínicos, estudios observacionales y revisiones sistemáticas. Además, se aceptaron

investigaciones que incluyan poblaciones de deportistas recreacionales y/o competitivos de diferentes edades.

Por otro lado, se excluyeron estudios que no se centraron en el hombro. También aquellos estudios referentes al tratamiento conservador o quirúrgico de lesiones ya establecidas.

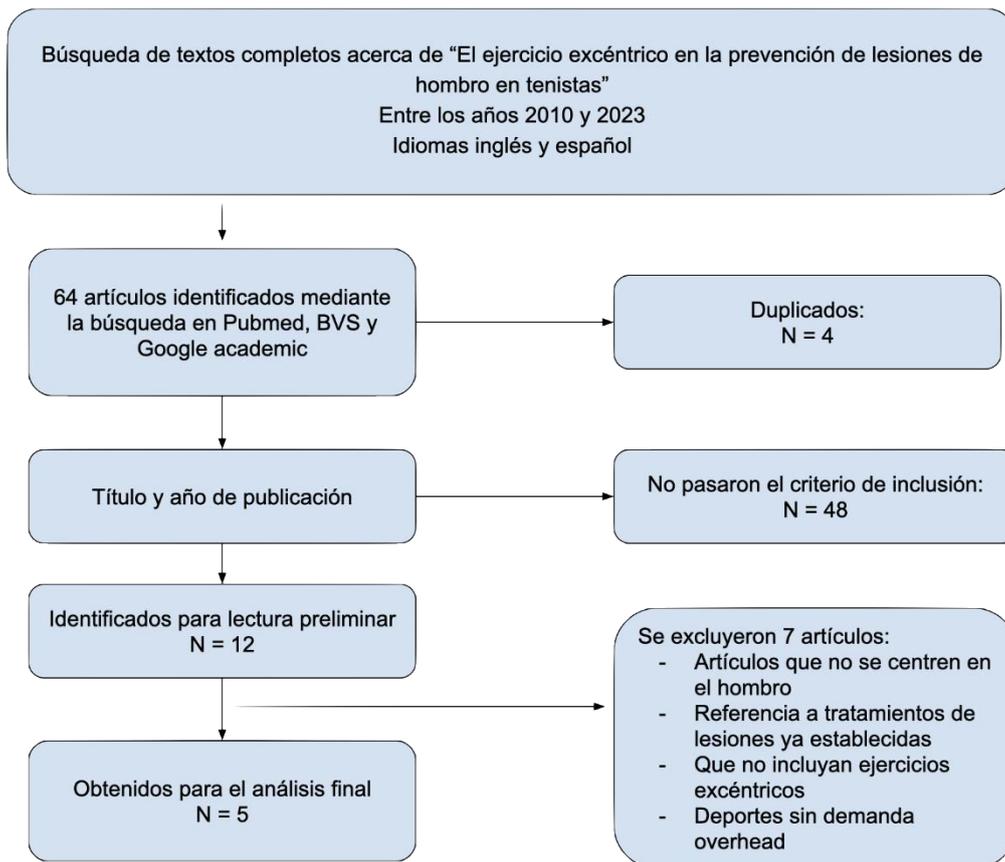


Figura – 4 Diagrama de flujo de búsqueda de artículos científicos de elaboración propia.

## **VI. RESULTADOS**

Con el propósito de conseguir una presentación clara y organizada de los hallazgos, se ha optado por ordenar los estudios de manera cronológica según su elaboración. La estructura detallada de cada estudio incluirá información crucial, como el autor, título, año de publicación, diseño de investigación, objetivo, muestra/método, intervención aplicada, resultados obtenidos y conclusiones derivadas.

**COOLS et. al. Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. 2015** [*Prevención de lesiones de hombro en atletas que realizan ejercicios por encima de la cabeza: un enfoque basado en la ciencia*]<sup>769</sup>

Resumen. El estudio tiene como objetivo desarrollar un enfoque basado en la ciencia para la prevención de lesiones en el hombro en atletas que realizan movimientos por encima de la cabeza, como béisbol, tenis, handball y voleibol. El estudio propone un enfoque científico en cuatro pasos: (1) definir factores de riesgo para lesiones y recaídas, (2) utilizar estos factores como criterios de retorno al juego, (3) medir estas variables con herramientas confiables y válidas, y (4) diseñar programas de entrenamiento preventivo. El diseño del estudio es de tipo revisión sistemática.

En general, se han definido tres factores de riesgo que pueden formar la base de recomendaciones para la prevención de lesiones recurrentes y el regreso al juego después de una lesión: déficit de rotación interna glenohumeral (GIRD); fuerza del manguito rotador, en particular la fuerza de los rotadores externos; y disquinesia escapular, en particular posición y fuerza escapular.

Resultados y conclusiones. Se destacan como factores de riesgo la presencia de déficit de rotación interna glenohumeral GIRD, desequilibrio de fuerza en el manguito rotador y disquinesia escapular como factores de riesgo importantes. Con respecto a la prevención de lesiones, así como volver a jugar después de una lesión, en caso de que se establezcan hallazgos anormales durante la evaluación orientada en la búsqueda de dichos factores de riesgo, la intervención debe centrarse en el estiramiento de la parte posterior cápsula del hombro, fortalecimiento de los músculos rotadores externos, y restauración de la flexibilidad y el equilibrio de los músculos escapulares.

En general, el estudio enfatiza la importancia de una evaluación detallada y la implementación de programas de entrenamiento específicos para prevenir lesiones recurrentes y facilitar el retorno seguro al juego en atletas con actividades de lanzamiento.

**ANDERSSON et. al. Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. 2016**  
*[Prevención de lesiones de hombro por sobreuso en atletas de lanzamiento: un ensayo controlado aleatorizado en 660 jugadores de handball de élite].<sup>70</sup>*

Se llevó a cabo un ensayo controlado aleatorio con asignación de grupos por conglomerados o clústeres, con el objetivo de evaluar el efecto de un programa de ejercicios diseñado para reducir la prevalencia de problemas en el hombro en jugadores profesionales de handball. Para este estudio, 45 equipos de handball de élite (22 equipos femeninos, 23 equipos masculinos, 660 jugadores) fueron aleatorizados por conglomerados (22 equipos, 331 jugadores en el grupo de intervención, 23 equipos, 329 jugadores en el grupo de control) y seguidos durante 1 temporada competitiva (7 meses)). El Programa de Prevención de Lesiones de Hombro del Centro de Investigación de Traumas Deportivos de Oslo (OSTRC), un programa de ejercicios para aumentar la rotación interna glenohumeral, la fuerza de rotación externa excéntrica y la fuerza de los músculos escapulares, así como mejorar la cadena cinética y la movilidad torácica (ver anexo), fue realizado 3 veces por semana como parte del calentamiento. Las principales medidas de resultado, prevalencia de problemas de hombro y problemas sustanciales de hombro, se midieron mensualmente.

Resultados. La prevalencia promedio de problemas en el hombro durante la temporada fue del 17 % en el grupo de intervención y del 23 % en el grupo de control. La prevalencia promedio de problemas sustanciales en el hombro fue del 5 % en el grupo de intervención y del 8 % en el grupo de control. Usando modelos de ecuaciones de estimación generalizadas, un riesgo 28 % menor de problemas en el hombro y un riesgo 22 % menor de problemas sustanciales en el hombro se observaron en el grupo de intervención en comparación con el grupo de control.

Conclusiones. El estudio concluye que el programa de ejercicios específicos implementado es altamente efectivo para prevenir lesiones en el hombro en jugadores de handball de élite. Se destaca la importancia de incorporar estos programas como parte del calentamiento general en deportes de lanzamiento y se sugiere su utilidad en atletas de otras disciplinas con riesgo similar de lesiones en el hombro. Estos resultados resaltan la relevancia de abordar riesgos específicos de lesiones para mejorar la salud y el rendimiento a largo plazo de los atletas.

**MASCARIN et. al. The effects of preventive rubber band training on shoulder joint imbalance and throwing performance in handball players: A randomized and prospective study. 2017** [*Los efectos del entrenamiento preventivo con bandas elásticas en el desequilibrio de la articulación del hombro y el rendimiento en el lanzamiento en jugadores de handball: un estudio aleatorizado y prospectivo*]<sup>71</sup>

Resumen. El presente estudio tuvo como objetivo investigar los efectos de un programa de entrenamiento de fuerza utilizando ejercicios con bandas de goma en el desequilibrio articular del hombro y el rendimiento en el lanzamiento de jugadoras de handball. El diseño del estudio fue de tipo experimental, prospectivo y se realizó de manera aleatorizada. La muestra consistió en veinticinco jugadoras de handball femeninas que habían entrenado tres veces por semana durante tres horas por sesión durante al menos la última temporada competitiva y que presentaban desequilibrio de fuerza en el hombro con debilidad en los músculos rotadores externos. Se excluyeron participantes que presentaban dolor en el hombro, inestabilidad articular, limitación en el rango de movimiento, lesiones anteriores y/o cirugías en la extremidad superior en los últimos doce meses. El grupo experimental llevó a cabo un programa de entrenamiento de fuerza (STP), utilizando ejercicios con bandas de resistencia, antes del entrenamiento regular de handball. Ambos grupos (experimental y de control) realizaron el mismo entrenamiento regular en la cancha (tres veces por semana durante tres horas por sesión) y el mismo entrenamiento convencional de fuerza (una vez por semana durante una hora por sesión). Dentro de un período de seis semanas, se volvió a evaluar a todos los atletas en cuanto a la fuerza del hombro y la velocidad de la pelota. Los ejercicios del grupo experimental consistían en trabajos de rotación externa de hombro, tanto en posición neutra del mismo, como en abducción de 90° y con flexión de codo a 90°. Cada repetición tomó un segundo para la rotación externa concéntrica y dos segundos para la rotación externa excéntrica.

Resultados. En el grupo experimental con el miembro superior dominante, se observó una mejora significativa en el pico de torque y el trabajo total de los rotadores externos. Además, el grupo experimental con el miembro no dominante mostró mejoras tanto en el pico de torque como en el trabajo total de los rotadores externos, así como en las ratios de equilibrio convencional y funcional. Por otro lado, el grupo de control con el miembro superior dominante no experimentó cambios significativos.

Conclusiones. En resumen, el entrenamiento específico con bandas de goma demostró ser efectivo para mejorar la fuerza muscular de los rotadores externos y abordar el

desequilibrio articular del hombro en jugadoras de handball. Estas mejoras se reflejaron en un aumento de la velocidad de lanzamiento, especialmente en el grupo experimental con el miembro no dominante. Los resultados sugieren que este enfoque de entrenamiento preventivo podría ser beneficioso para reducir el riesgo de lesiones en atletas con desequilibrios de fuerza en el hombro. Se recomienda realizar investigaciones adicionales con una muestra más grande para respaldar y generalizar estos hallazgos.

**MORADI et. al. Efficacy of throwing exercise with TheraBand in male volleyball players with shoulder internal rotation deficit: a randomized controlled trial. 2020**  
*[Eficacia del ejercicio de lanzamiento con TheraBand en jugadores de voleibol masculino con déficit de rotación interna del hombro: un ensayo controlado aleatorizado]*<sup>72</sup>

Resumen. El estudio tiene como objetivo investigar los efectos de un programa de ejercicios de lanzamiento de ocho semanas con una TheraBand en jugadores de vóley masculino asintomáticos con déficit de rotación interna del hombro (GIRD). Se realizó un ensayo clínico controlado y aleatorizado con un diseño pragmático. Participaron sesenta jugadores de voleibol masculino con GIRD asignados aleatoriamente a un grupo experimental y un grupo de control. El grupo experimental se sometió a ejercicios de lanzamiento con TheraBand enfocados en trabajar la rotación externa del hombro en posición abducida, con énfasis en la fase excéntrica y evitando la fase concéntrica, durante aproximadamente 40 minutos, tres veces a la semana durante 8 semanas, sumadas a un programa de estiramientos. El grupo control, por su parte, recibió un programa de ejercicios de estiramientos en el hogar. La electromiografía (tiempo de inicio y activación muscular), rango de movimiento del hombro (ROM), fuerza y sensación de la posición de la articulación glenohumeral se evaluaron antes y después de los entrenamientos.

Resultados. El grupo de entrenamiento experimentó reducciones significativas en el tiempo de inicio y la actividad muscular de los deltoides y los músculos del manguito rotador durante el lanzamiento. Se observó, además, un aumento significativo en la rotación interna del hombro en el grupo de entrenamiento. La fuerza concéntrica y excéntrica del manguito rotador mejoró significativamente en el grupo de entrenamiento, al igual que la relación entre la fuerza de rotación externa y la rotación interna del hombro. La sensibilidad del grupo de entrenamiento para percibir la posición de la articulación glenohumeral mejoró significativamente.

Conclusiones. En conclusión, el ejercicio de lanzamiento con TheraBand demostró mejoras significativas en la activación muscular lo que sugiere adaptaciones neuromusculares positivas; la movilidad del hombro, la fuerza del manguito rotador, la relación entre la fuerza de rotación externa e interna, lo que reduce el desequilibrio y el riesgo de lesión; y la percepción de la posición de la articulación glenohumeral en jugadores de voleibol masculinos asintomáticos con GIRD. Estos hallazgos respaldan la eficacia de este enfoque de intervención y sugieren su utilidad potencial en la rehabilitación clínica de jugadores de voleibol con GIRD. Sin embargo, se recomienda

realizar estudios a largo plazo para evaluar los efectos a largo plazo de este programa de ejercicios.

**VETTER et. al. Effect of isokinetic eccentric training on the human shoulder strength, flexibility, and muscle architecture in physically active men: A preliminary study. 2023** [*Efecto del entrenamiento excéntrico isocinético en la fuerza, flexibilidad y arquitectura muscular del hombro humano: un estudio preliminar*]<sup>73</sup>

Resumen. El estudio tiene como objetivo valorar los efectos del entrenamiento excéntrico estandarizado en la función y estructura de los músculos del manguito rotador externo del hombro. El enfoque se basa en la importancia del fortalecimiento de estos músculos para la prevención de lesiones y rehabilitación. Para esto, se llevó a cabo un ensayo clínico experimental preliminar. Se reclutaron dieciséis hombres físicamente activos con una edad promedio de 23,3 años sin historial de trastornos musculoesqueléticos en el hombro derecho. El entrenamiento excéntrico isocinético se llevó a cabo en el hombro derecho dos veces a la semana durante casi seis semanas, dando un total de doce sesiones. Se emplearon un dinamómetro isocinético y resonancia magnética (MRI) para evaluar la función y estructura de los músculos del manguito rotador externo. Se utilizaron medidas como la fuerza excéntrica, la relación torque-ángulo, y se evaluaron cambios en la longitud y volumen del fascículo para los músculos supraspinoso e infraspinoso.

Resultados. Los resultados del estudio indicaron un aumento significativo para los valores medios absolutos de la fuerza excéntrica (+24%,  $p = .008$ ) a 30°/s. Se observó un aumento en la relación torque-ángulo, especialmente en la fase final del rango de movimiento. Sin embargo, se encontró una disminución en la flexibilidad activa (-7%) y pasiva (-4%) de los rotadores externos. Se identificaron cambios positivos en la estructura muscular, como un aumento del 16% ( $p = .003$ ) en la longitud del fascículo del músculo supraspinoso y un aumento del 19% ( $p = .002$ ) en el volumen del fascículo. Por otro lado, no se observaron cambios significativos en la fuerza y flexibilidad de los músculos rotadores internos del hombro.

Conclusiones. Se concluyó que el entrenamiento excéntrico isocinético tiene un efecto positivo en el hombro, específicamente en la fuerza y estructura de los músculos rotadores externos del hombro. Se sugiere que el entrenamiento excéntrico podría considerarse como una estrategia de prevención primaria prometedora para lesiones en el hombro. Se propone, además, que los métodos utilizados son aplicables para estudios de intervención y se plantea la inclusión de poblaciones específicas, como jugadores de handball de alto rendimiento, en futuras investigaciones.

## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La comparación entre los cinco estudios destaca una diversidad metodológica que abarca desde una revisión sistemática, representada por Cools et. al.<sup>69</sup>, hasta estudios con enfoques de intervención, como el ensayo controlado aleatorizado de Andersson et al.<sup>70</sup>, el ensayo clínico controlado y aleatorizado de Moradi et. al.<sup>72</sup>, el ensayo clínico experimental preliminar de Vetter et. al.<sup>73</sup>, y el diseño experimental y prospectivo aleatorizado de Mascarín et. al.<sup>71</sup>. Este panorama destaca que cuatro de los estudios implican intervenciones específicas, mientras que uno se centra en una revisión sistemática.

En cuanto a los resultados clave, se presentan diferentes hallazgos. Cools et. al.<sup>69</sup> identifica factores de riesgo como GIRD, desequilibrio de fuerza y disquinesia escapular, mientras que Andersson et. al.<sup>70</sup> muestra la efectividad de un programa específico en la reducción de problemas en el hombro. Moradi et. al.<sup>72</sup> destaca mejoras en la activación muscular y movilidad del hombro, Vetter et. al.<sup>73</sup> evidencia un efecto positivo en la fuerza y estructura de los músculos rotadores externos, y Mascarín et. al.<sup>71</sup> observa mejoras en la fuerza y velocidad de lanzamiento.

En relación con las intervenciones sugeridas, se presentan propuestas diversas. Cools et. al.<sup>69</sup> recomienda estiramiento, fortalecimiento y restauración de la flexibilidad y equilibrio muscular. Andersson et. al.<sup>70</sup> sugiere ejercicios específicos para rotación interna, fuerza externa y fortalecimiento de los músculos escapulares. Tanto Moradi et. al.<sup>72</sup> como Mascarín et. al.<sup>71</sup> implementan programas de entrenamiento utilizando bandas elásticas. Por otro lado, Vetter et. al.<sup>73</sup> destaca el entrenamiento excéntrico isocinético como enfoque central de su intervención.

En términos de la población y el deporte específico, se observa diversidad. Andersson et. al.<sup>70</sup> se centra en jugadores de handball de élite, Moradi et. al.<sup>72</sup> investiga jugadores de vóley masculino, Mascarín et. al.<sup>71</sup> estudia jugadoras de handball, y Vetter et. al.<sup>73</sup> recluta hombres físicamente activos sin historial de trastornos musculoesqueléticos. Cools et. al.<sup>69</sup> no especifica una población deportiva particular, pero aborda atletas que realizan movimientos por encima de la cabeza.

En relación con la duración y frecuencia de las intervenciones, Andersson et. al.<sup>70</sup> realiza la intervención durante una temporada competitiva, Moradi et. al.<sup>72</sup> implementa un programa de ocho semanas, Vetter et. al.<sup>73</sup> lleva a cabo el entrenamiento excéntrico

durante casi seis semanas, Mascarín et. al.<sup>71</sup> evalúa resultados dentro de un período de seis semanas, mientras que Cools et. al.<sup>69</sup> no especifica la duración de la intervención.

## VIII. DISCUSIÓN

Los estudios revisados han proporcionado valiosa información en relación con los ejercicios excéntricos de hombro y su potencial efectividad en la prevención de lesiones en tenistas. No obstante, es esencial reconocer y abordar algunas limitaciones generales que se encuentran presentes en las investigaciones existentes en la franja temporal abarcada por esta revisión bibliográfica.

En primer lugar, destaca la escasa cantidad de estudios específicos que se centran exclusivamente en la población de tenistas. Para abordar este aspecto, se incluyeron artículos que se centran en deportes con movimientos de lanzamiento supracraneales, como voleibol, béisbol, handball, entre otros, debido a que comparten demandas biomecánicas similares. Estas similitudes generan disfunciones clínicas análogas, como el déficit de rango de movimiento (ROM) en rotación interna, la disquinesia escapular y la asimetría de fuerza entre los rotadores internos concéntricos y los rotadores externos excéntricos.

Tanto el ensayo realizado por Andersson et. al.<sup>70</sup> en jugadores de handball, que evidenció una disminución significativa en la prevalencia de problemas en el hombro mediante un programa de ejercicios específicos, como el trabajo de Mascarín et. al.<sup>71</sup>, centrado en el entrenamiento preventivo utilizando bandas elásticas en jugadores de handball, demostrando mejoras sustanciales en la fuerza muscular de los rotadores externos y, como resultado, una reducción en el desequilibrio articular del hombro; presentaron una duración acotada en los estudios. Aunque los resultados de ambos presentan un panorama prometedor, la duración relativamente corta del estudio podría restringir la comprensión completa de los efectos a largo plazo de dicha intervención.

El ensayo clínico experimental de Vetter et. al.<sup>73</sup> se enfocó en evaluar el impacto del entrenamiento excéntrico isocinético en la fuerza y estructura de los músculos del manguito rotador externo del hombro. Aunque mostró resultados positivos, el tamaño muestral pequeño y la falta de un grupo de control pueden condicionar la generalización de los hallazgos. De manera similar, en el estudio de Moradi et. al.<sup>72</sup> con jugadores de voleibol masculino, que incluyó ejercicios de lanzamiento con TheraBand, y mostró mejoras significativas en la activación muscular, la movilidad del hombro y la fuerza del manguito rotador, se observa también la carencia de un grupo control.

Durante el desarrollo de esta revisión, se evidencia la ausencia de estudios específicos que se centren exclusivamente en los ejercicios excéntricos de hombro en

el contexto de la prevención. Esta falta de enfoque específico condiciona las conclusiones definitivas sobre el impacto y los beneficios de dichos ejercicios, especialmente en el contexto de tenistas.

Desde una perspectiva práctica, la implementación de ejercicios excéntricos en programas de entrenamiento para tenistas podría enfrentar desafíos. Respecto a las implicaciones futuras, esta investigación abre la puerta a estudios más específicos. Sería valioso realizar investigaciones que comparen directamente los efectos de los ejercicios excéntricos con otros métodos de entrenamiento en tenistas. Además, estudios longitudinales que sigan a tenistas a lo largo de varias temporadas podrían proporcionar una visión más profunda sobre la eficacia a largo plazo de estos ejercicios en la prevención de lesiones y la sostenibilidad de los beneficios observados.

## **IX. CONCLUSIÓN**

La tesina ha demostrado que la incorporación de ejercicios excéntricos en los programas de entrenamiento es efectiva para reducir la incidencia de lesiones de hombro en tenistas. Estos ejercicios, al fortalecer los tendones y mejorar la resistencia a la fatiga muscular, abordan de manera directa los factores de riesgo asociados con las lesiones de hombro en los tenistas, como los movimientos repetitivos, el déficit de rotación interna glenohumeral (GIRD), los desequilibrios en la fuerza de los músculos del manguito rotador, la disquinesia escapular y la fatiga. Asimismo, se ha evidenciado que los ejercicios excéntricos ejercen un impacto positivo en la mejora de los tejidos blandos del hombro, lo que se traduce en una mayor estabilidad y menor riesgo de lesión.

La variabilidad de ejercicios en los distintos programas de intervención y la ausencia de estos ejercicios como única variable no permiten concluir con certeza cuáles son los ejercicios excéntricos más adecuados para la prevención de lesiones de hombro. Sin embargo, se han destacado los ejercicios excéntricos enfocados en las rotaciones externas con el hombro a 90° de abducción y codo flexionado a 90°. Estos ejercicios, realizados tanto de pie como en decúbito supino, utilizando bandas elásticas o pesas, han demostrado ser efectivos al enfatizar la fase excéntrica del movimiento. Asimismo, se ha observado que actividades como soltar y atrapar, así como ejercicios de lanzamiento, también han contribuido positivamente al fortalecimiento de los rotadores externos del hombro.

Si bien, los ejercicios excéntricos representan una estrategia valiosa y recomendable en la prevención de lesiones de hombro, se reconoce la necesidad de futuras investigaciones que aborden las limitaciones existentes y profundicen en aspectos como la duración óptima de los programas y especificidad en los ejercicios fortaleciendo así las recomendaciones preventivas con bases sólidas y aplicables a la diversidad de tenistas.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Warburton DER. Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*. 14 de marzo de 2006;174(6):801-9.
2. Pluim BM, Staal JB, Marks BL, Miller S, Miley D. Health benefits of tennis. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de noviembre de 2007;41(11):760-8.
3. National and Regional Tennis Member Associations | ITF [Internet]. [citado 19 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.itftennis.com/en/about-us/organisation/member-associations/>
4. Pluim BM. Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de mayo de 2006;40(5):415-23.
5. Abrams GD, Renstrom PA, Safran MR. Epidemiology of musculoskeletal injury in the tennis player. *British Journal of Sports Medicine*. junio de 2012;46(7):492-8.
6. Dines JS, Bedi A, Williams PN, Dodson CC, Ellenbecker TS, Altchek DW, et al. Tennis Injuries: Epidemiology, Pathophysiology, and Treatment. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. marzo de 2015;23(3):181-9.
7. Fu MC, Ellenbecker TS, Renstrom PA, Windler GS, Dines DM. Epidemiology of injuries in tennis players. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*. marzo de 2018;11(1):1-5.
8. Abrams GD, Harris AH, Andriacchi TP, Safran MR. Biomechanical analysis of three tennis serve types using a markerless system. *British Journal of Sports Medicine*. febrero de 2014;48(4):339-42.
9. Braman JP, Zhao KD, Lawrence RL, Harrison AK, Ludewig PM. Shoulder impingement revisited: evolution of diagnostic understanding in orthopedic surgery and physical therapy. *Medical & Biological Engineering & Computing*. marzo de 2014;52(3):211-9.
10. Cools AM, Declercq G, Cagnie B, Cambier D, Witvrouw E. Internal impingement in the tennis player: rehabilitation guidelines. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de marzo de 2008;42(3):165-71.
11. Cools AM, Palmans T, Johansson FR. Age-Related, Sport-Specific Adaptions of the Shoulder Girdle in Elite Adolescent Tennis Players. *Journal of Athletic Training*. octubre de 2014;49(5):647-53.
12. Asker M, Brooke HL, Waldén M, Tranaeus U, Johansson F, Skillgate E, et al. Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: a systematic review with best-evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*. 26 de marzo de 2018;bjsports-2017-098254.
13. Clarsen B, Bahr R, Andersson SH, Munk R, Myklebust G. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: a prospective cohort study. *British Journal of Sports Medicine*. septiembre de 2014;48(17):1327-33.

14. Camargo PR. Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: Review and perspectives. *World Journal of Orthopedics*. 2014;5(5):634.
15. Macías-Hernández SI, Pérez-Ramírez LE. Fortalecimiento excéntrico en tendinopatías del manguito de los rotadores asociadas a pinzamiento subacromial. Evidencia actual. *Cirugía y Cirujanos*. enero de 2015;83(1):74-80.
16. Walker B, Günther Bell M. La anatomía de las lesiones deportivas [recurso electrónico]. España: Paidotribo; 2010.
17. Chalmers DJ. Injury prevention in sport: not yet part of the game? *Injury Prevention*. 1 de diciembre de 2002;8(90004):22iv-25.
18. Junge A, Langevoort G, Pipe A, Peytavin A, Wong F, Mountjoy M, et al. Injuries in Team Sport Tournaments during the 2004 Olympic Games. *The American Journal of Sports Medicine*. abril de 2006;34(4):565-76.
19. Moreno Pascual C, Rodríguez Pérez V, Seco Calvo J. Epidemiología de las lesiones deportivas. *Fisioterapia*. febrero de 2008;30(1):40-8.
20. Pluim BM, Fuller CW, Batt ME, Chase L, Hainline B, Miller S, et al. Consensus Statement on Epidemiological Studies of Medical Conditions in Tennis, April 2009. *Clin J Sport Med*. 2009;19(6):6.
21. Gutiérrez García D, Esparza Ros F. Lesiones en el tenis. Revisión bibliográfica. *Apunts Medicina de l'Esport*. octubre de 2011;46(172):189-204.
22. Sell K, Hainline B, Yorio M, Kovacs M. Injury trend analysis from the US Open Tennis Championships between 1994 and 2009. *British Journal of Sports Medicine*. abril de 2014;48(7):546-51.
23. Maquirriain J, Baglione R. Epidemiology of tennis injuries: An eight-year review of Davis Cup retirements. *European Journal of Sport Science*. 17 de febrero de 2016;16(2):266-70.
24. Gescheit DT, Cormack SJ, Duffield R, Kovalchik S, Wood TO, Omizzolo M, et al. A multi-year injury epidemiology analysis of an elite national junior tennis program. *Journal of Science and Medicine in Sport*. enero de 2019;22(1):11-5.
25. A. I. Kapandji. Fisiología articular: esquemas comentados de mecánica humana. Sexta edición. Vol. 1. Madrid: Médica Panamericana; 2006. 352 p.
26. Rockwood, Matsen, Wirth, Lippitt. Hombro. Tercera edición. Marbán; 2006. 691 p.
27. Ludewig PM, Phadke V, Braman JP, Hassett DR, Cieminski CJ, LaPrade RF. Motion of the Shoulder Complex During Multiplanar Humeral Elevation: The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume. febrero de 2009;91(2):378-89.
28. Nordin, M. F V. Bases biomecánicas del sistema musculoesquelético. Cuarta edición. Lippincott Williams & Wilkins; 2013. 710 p.
29. Neumann, D. Fundamentos de Rehabilitación Física: Cinesiología del sistema musculoesquelético. Primera Edición. Paidotribo; 2007. 610 p.

30. D'Freitas NA. Complejo Articular del Hombro: Biomecánica. 2013;19:11.
31. Antonio Jurado Bueno IMP. Tendón: Valoración y tratamiento en fisioterapia. Primera Edición. Barcelona: Paidotribo; 2008. 598 p.
32. Wavreille G, Fontaine C. Tendón normal: anatomía y fisiología. EMC - Aparato Locomotor. enero de 2009;42(1):1-12.
33. Ross, Michael PW. HISTOLOGIA Texto y atlas. Séptima edición. Lippincott Williams & Wilkins; 2015. 1000 p.
34. Kannus P. Structure of the tendon connective tissue. Scand J Med Sci Sports 2000. junio de 2000;(10):312-20.
35. Young Barbara, O'Dowd Geraldine, Woodford Philip. Wheater Histología funcional. Sexta Edición. Barcelona: Elsevier; 2014. 462 p.
36. Thomopoulos S. The development and morphogenesis of the tendon-to-bone insertion What development can teach us about healing. 2013;21.
37. Abrams GD, Sheets AL, Andriacchi TP, Safran MR. Review of tennis serve motion analysis and the biomechanics of three serve types with implications for injury. Sports Biomechanics. noviembre de 2011;10(4):378-90.
38. Martin C, Bideau B, Ropars M, Delamarche P, Kulpa R. Upper limb joint kinetic analysis during tennis serve: Assessment of competitive level on efficiency and injury risks: Upper limb joint kinetics during tennis serve. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. agosto de 2014;24(4):700-7.
39. Lädermann A, Chagué S, Kolo FC, Charbonnier C. Kinematics of the shoulder joint in tennis players. Journal of Science and Medicine in Sport. enero de 2016;19(1):56-63.
40. Kovacs M, Ellenbecker T. An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve: Implications for Performance Enhancement and Injury Prevention. Sports Health: A Multidisciplinary Approach. noviembre de 2011;3(6):504-13.
41. van der Hoeven H. Shoulder injuries in tennis players \* Commentary. British Journal of Sports Medicine. 1 de mayo de 2006;40(5):435-40.
42. Rogowski I, Creveaux T, Sevrez V, Chèze L, Dumas R. How Does the Scapula Move during the Tennis Serve?: Medicine & Science in Sports & Exercise. julio de 2015;47(7):1444-9.
43. Konda S, Yanai T, Sakurai S. Scapular Rotation to Attain the Peak Shoulder External Rotation in Tennis Serve: Medicine & Science in Sports & Exercise. septiembre de 2010;42(9):1745-53.
44. Fleisig G, Nicholls R, Elliott B, Escamilla R. Tennis: Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. Sports Biomechanics. enero de 2003;2(1):51-64.
45. Elliott B. Biomechanics and tennis. British Journal of Sports Medicine. 1 de mayo de 2006;40(5):392-6.

46. Kibler WB, Chandler TJ, Shapiro R, Conuel M. Muscle activation in coupled scapulohumeral motions in the high performance tennis serve. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de noviembre de 2007;41(11):745-9.
47. Pfeiffer RP, Mangus BC. *Las lesiones deportivas*. Barcelona: Paidotribo; 2007.
48. Johansson F, Asker M, Malmberg A, Fernandez-Fernandez J, Warnqvist A, Cools A. Eccentric and Isometric Shoulder Rotation Strength and Range of Motion: Normative Values for Adolescent Competitive Tennis Players. *Front Sports Act Living*. 17 de febrero de 2022;4:798255.
49. Edmonds EW, Hopsital RC, Diego S. Common Conditions in the Overhead Athlete. 2014;89(7):5.
50. Johansson FR, Skillgate E, Adolfsson A, Jenner G, DeBri E, Swärdh L, et al. Asymptomatic Elite Adolescent Tennis Players' Signs of Tendinosis in Their Dominant Shoulder Compared With Their Nondominant Shoulder. *Journal of Athletic Training*. diciembre de 2015;50(12):1299-305.
51. Moreno-Pérez V, Moreside J, Barbado D, Vera-Garcia FJ. Comparison of shoulder rotation range of motion in professional tennis players with and without history of shoulder pain. *Manual Therapy*. abril de 2015;20(2):313-8.
52. Myers JB, Oyama S, Wassinger CA, Ricci RD, Abt JP, Conley KM, et al. Reliability, Precision, Accuracy, and Validity of Posterior Shoulder Tightness Assessment in Overhead Athletes. *Am J Sports Med*. noviembre de 2007;35(11):1922-30.
53. Ellenbecker TS, Pluim B, Vivier S. *Lesiones Frecuentes en Jugadores de Tenis: Ejercicios para Hacer Frente a los Desequilibrios Musculares y Reducir los Riesgos Lesión*. 2009;17.
54. Cools AM, Johansson FR, Cambier DC, Velde AV, Palmans T, Witvrouw EE. Descriptive profile of scapulothoracic position, strength and flexibility variables in adolescent elite tennis players. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de julio de 2010;44(9):678-84.
55. Lawrence RL, Braman JP, Ludewig PM. The Impact of Decreased Scapulothoracic Upward Rotation on Subacromial Proximities. *J Orthop Sports Phys Ther*. marzo de 2019;49(3):180-91.
56. van Mechelen W, Hlobil H, Kemper HCG. Incidence, Severity, Aetiology and Prevention of Sports Injuries: A Review of Concepts. *Sports Medicine*. agosto de 1992;14(2):82-99.
57. Van Tiggelen D, Wickes S, Stevens V, Roosen P, Witvrouw E. Effective prevention of sports injuries: a model integrating efficacy, efficiency, compliance and risk-taking behaviour. *British Journal of Sports Medicine*. 3 de junio de 2008;42(8):648-52.
58. Izquierdo Redín, Mikel. *Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte*. Vol. 5. Médica Panamericana; 2008. 784 p.
59. LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, Snyder-Mackler L, Reich T, Lindstedt SL. Eccentric Muscle Contractions: Their Contribution to Injury, Prevention, Rehabilitation, and Sport. *J Orthop Sports Phys Ther*. octubre de 2003;33(10):557-71.

60. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*. abril de 2003;13(2):88-97.
61. Nosaka K, Aoki MS. REPEATED BOUT EFFECT: RESEARCH UPDATE AND FUTURE PERSPECTIVE. 2011;5(1):11.
62. Hedayatpour N, Falla D. Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training. *BioMed Research International*. 2015;2015:1-7.
63. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Med*. mayo de 2017;47(5):917-41.
64. Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *European Journal of Applied Physiology*. 1 de agosto de 2003;89(6):578-86.
65. Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 1 de agosto de 2009;43(8):556-68.
66. Kim SY, Ko JB, Farthing JP, Butcher SJ. Investigation of supraspinatus muscle architecture following concentric and eccentric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*. julio de 2015;18(4):378-82.
67. Malliaras P, Kamal B, Nowell A, Farley T, Dhamu H, Simpson V, et al. Patellar tendon adaptation in relation to load-intensity and contraction type. *Journal of Biomechanics*. julio de 2013;46(11):1893-9.
68. Arampatzis A, Peper A, Bierbaum S, Albracht K. Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of Biomechanics*. diciembre de 2010;43(16):3073-9.
69. Cools AM, Johansson FR, Borms D, Maenhout A. Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. octubre de 2015;19(5):331-9.
70. Andersson SH, Bahr R, Clarsen B, Myklebust G. Preventing overuse shoulder injuries among throwing athletes: a cluster-randomised controlled trial in 660 elite handball players. *Br J Sports Med*. julio de 2017;51(14):1073-80.
71. Mascarin NC, De Lira CAB, Vancini RL, Da Silva AC, Andrade MS. The effects of preventive rubber band training on shoulder joint imbalance and throwing performance in handball players: A randomized and prospective study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. octubre de 2017;21(4):1017-23.
72. Moradi M, Hadadnezhad M, Letafatkar A, Khosrokiani Z, Baker JS. Efficacy of throwing exercise with TheraBand in male volleyball players with shoulder internal rotation deficit: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. diciembre de 2020;21(1):376.

73. Vetter S, Hepp P, Schleichardt A, Schleifenbaum S, Witt M, Roth C, et al. Effect of isokinetic eccentric training on the human shoulder strength, flexibility, and muscle architecture in physically active men: A preliminary study. Akaras E, editor. PLoS ONE. 19 de diciembre de 2023;18(12):e0293439.

