

TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL  
DEPORTE

Curso Académico 2016/2017

**Diseño y aplicación de un protocolo de prevención de lesiones  
del tendón rotuliano en voleibol.**

**Designing and applying a protocol for patellar tendon injuries  
prevention in volleyball.**

Autor: Alejandro Vinuesa Sanz

Tutor: José Vicente García Tormo

Fecha: 05/07/2017

VºBº TUTOR

VºBº AUTOR

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1.1 ANATOMÍA DE LA RODILLA.....	5
1.2 TENDÓN ROTULIANO.....	6
1.2.1 <i>Propiedades mecánicas.....</i>	6
1.2.2 <i>Factores de riesgo patológico .....</i>	6
1.2.3 <i>Relación glúteo medio-rodilla.....</i>	7
1.2.4 <i>Relación tobillo-rodilla.....</i>	8
1.3 OBJETIVOS.....	9
<b>2 METODOLOGÍA.....</b>	<b>9</b>
2.1 MUESTRA DE ESTUDIO.....	9
2.2 PROGRAMA DE EJERCICIOS.....	10
2.3 PROTOCOLO EVALUATIVO .....	12
2.4 TEMPORALIZACIÓN.....	14
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 CONCLUSIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>5 VALORACIÓN PERSONAL Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO.....</b>	<b>18</b>
<b>6 BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>19</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>23</b>

## RESUMEN

El voleibol es un deporte sin contacto directo con el adversario, en el que las lesiones más comunes son por sobrecarga, entre ellas, las que afectan al tendón rotuliano. La optimización del tiempo de entrenamiento es fundamental en los deportes de equipo, por lo que son necesarias herramientas de prevención económicas y de corta duración.

El objetivo del presente trabajo es diseñar y aplicar un protocolo de prevención del dolor femoropatelar en voleibol a través del trabajo de tobillo y cadera. Se analizó la flexión dorsal de tobillo de 77 jugadores y jugadoras a través del *Weight-bearing lunge test* (WBLT) antes y después de aplicar un programa de ejercicios durante 5 semanas. Los resultados del protocolo fueron positivos, ya que se mitigaron los factores de riesgo de lesión.

Palabras clave: prevención, lesión, tendón rotuliano, voleibol.

## ABSTRACT

Volleyball is a sport in which no contact between both teams is needed. Most common injuries are caused by muscle overload, affecting mostly to patellar tendon. Training time optimization is essential in team sports. That is why economic and short-time prevention tools are very useful.

The aim of this essay is to design and apply a protocol for patellofemolar pain prevention in volleyball, throughout ankle and hip training. Dorsal ankle flexing of 77 players was analyzed using *Weight-bearing lunge test* (WBLT) before and after using an exercises program for 5 weeks. The results of this protocol were positive due to the reduction of injury risk factors.

Key words: prevention, injury, patellar tendon, volleyball.

## 1 INTRODUCCIÓN

La actividad física y deportiva supone, a menudo, una puesta a prueba de la capacidad de adaptación del organismo, sobre todo cuando no se desarrolla bajo condiciones de seguridad y control (Pérez, 2004). Cuando esta capacidad de adaptación se ve superada, se producen las lesiones, entendidas estas como las causas que provocan que un deportista se vea obligado a ausentarse de la práctica deportiva durante un tiempo determinado, y entre las que los autores (Schafle, 1990; DeLee JC, 1992) encuadraron las lesiones agudas y las lesiones por sobrecarga.

El deporte amateur, que será sobre el que se enfocará este trabajo, tiene una incidencia de lesiones notoriamente mayor que su homólogo profesional, de manera que conlleva un gasto económico elevado para la salud pública y privada (Romero, 2011). Muchas de estas lesiones vienen predisuestas por la falta de trabajo preventivo y de fuerza que se realiza en los mismos.

La mala situación económica que padecen la gran mayoría de equipos no profesionales hace que la optimización de los recursos disponibles –tiempo de entrenamiento y materiales, entre otros– sea indispensable para el buen desarrollo de la temporada. Por ello son de vital importancia la búsqueda y desarrollo de programas de entrenamiento viables en cuanto a material y a tiempo utilizados se refiere.

El voleibol, deporte sobre el que versa este trabajo, destaca por una característica que lo diferencia del resto de deportes de oposición – colaboración, la delimitación del terreno de juego propio por medio de la red. Esto hace que, al no existir contacto directo con el oponente, el riesgo de lesión sea menor que en otros deportes como el balonmano (Bahr & Maehlum, 2007), fútbol (Ekstrand et al., 1990) o el baloncesto (Colliander et al., 1986; Bahr & Maehlum, 2007).

Debido a la falta de contacto directo con los jugadores rivales, la mayor parte de las lesiones que se producen en el voleibol son por “sobrecarga o sobre uso” (Goodwin-Gerberich et al., 1987; Schafle et al., 1990; Watkins et al., 1992; Briner et al., 1999). Dentro de este grupo, diferentes estudios indican que las acciones técnicas del juego que presentan un mayor peligro de lesión son las que implican un salto, destacando el remate y el bloqueo por encima del saque “en salto o potencia” (Schafle et al., 1990; Watkins et al., 1992; Solgard, L. et al., 1995; Bahr, & Bahr, 1997; Briner et al., 1999).

## 1.1 Anatomía de la rodilla

Este trabajo tratará, principalmente, sobre la articulación femoropatelar. Ésta cumple dos importantes funciones biomecánicas (Green, 2005): alarga el brazo de palanca del cuádriceps (incrementando su fuerza mecánica) y aumenta la superficie de contacto entre el fémur y el tendón rotuliano (repartiendo la fuerza de compresión).

La rodilla es la articulación intermedia del miembro inferior y está compuesta por tres articulaciones con una cavidad sinovial común (Tortora & Derrickson, 2010):

1. La tibiofemoral externa, uniendo cóndilo lateral del fémur, cóndilo lateral de la tibia, y menisco lateral.
2. La tibiofemoral interna, que conecta los cóndilos mediales de tibia y fémur con el el menisco medial. Estas dos son articulaciones en bisagra modificadas.
3. La articulación intermedia femorrotuliana o femoropatelar, entre el fémur y la rótula, que es de tipo plano.

El movimiento principal de la rodilla es el de flexo-extensión, que permite aproximar o alejar el extremo del miembro de su raíz. Durante este movimiento, la rodilla trabaja en compresión por la acción de la gravedad. Además, de manera accesoria, la rodilla tiene un segundo grado de libertad. Éste es el de rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que únicamente puede realizarse cuando la rodilla está flexionada. Durante la extensión, los movimientos de rotación no pueden realizarse porque lo impide la gran tensión que adquieren los ligamentos laterales y cruzados (García et al., 2003; Kapandji, 2010).

En flexión, se encuentra en posición de inestabilidad, estando expuesta a lesiones ligamentosas y meniscales. En extensión, por el contrario, es más sensible a las fracturas articulares y las rupturas ligamentosas (Kapandji, 2010).

Constituye una articulación de suma importancia para la marcha y la carrera, que soporta todo el peso del cuerpo en el despegue y la recepción de saltos (Kapandji, 2010; Kuitinen S. et al, 2002). Su mecánica articular resulta muy compleja, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera y para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno (Kapandji, 2010; Nordin, M. et al, 2002).

## **1.2 Tendón rotuliano.**

### **1.2.1 Propiedades mecánicas**

El tendón rotuliano es una extensión del tendón del músculo cuádriceps femoral. En muchos tratados de anatomía se le describe como “ligamento rotuliano”, aunque no es del todo correcto porque su aspecto macro y microscópico se asemeja más al de un tendón, y su función está controlada por el cuádriceps femoral (Martínez, 2015).

El tendón rotuliano es una estructura que deriva de las fibras del tendón del recto femoral y se extiende sobre la superficie anterior de la rótula. Se origina en la rótula y se inserta en el extremo más distal de la tuberosidad anterior de la tibia (Gómez, 2016; Martínez, 2015; Tortora & Derrickson, 2010;).

Esta estructura es una de las más potentes del cuerpo humano, con unos 4 o 5 cm. de largo, por otros 3 de ancho y aproximadamente uno de grosor. Se le considera como parte del aparato extensor de la rodilla, junto con el músculo cuádriceps, su tendón cuadricipital, la rótula y el tendón rotuliano, que se inserta en la tibia, y es una estructura fundamental para mantenerse de pie, caminar, correr y saltar (Jonsson & Alfredson, 2008).

### **1.2.2 Factores de riesgo patológico**

Los individuos con dolor femorrotuliano suelen tener dolor durante una variedad de actividades, como correr, saltar y sentarse en cuclillas, con cualquier presión en la rótula, así como realizando actividades cíclicas como montar en bicicleta (Sánchez, 2003).

Las causas exactas que producen este dolor son desconocidas, por lo que su tratamiento es todavía un reto. Conocer la causa específica del síndrome femoropatelar (SFP) permitiría la identificación de los factores de riesgo, así como la prescripción de tratamientos y ejercicios. Se han examinado muchas de las causas propuestas, como la anatómica, la restricción de los tejidos blandos, la disminución de la fuerza de las extremidades inferiores y los patrones de activación muscular según la electromiografía (EMG).

Los últimos estudios con EMG identificaron que los patrones alterados en la activación de los músculos del tren inferior (vasto medial, vasto lateral oblicuo, glúteo medio, aductor largo) podían ser la causa del dolor femoropatelar. (Bolglia, 2011; Lack,

2014; Neal y Susan, 2016). Las intervenciones para abordar estos patrones alterados han producido resultados favorables, como la disminución del dolor y la mejora de la función auto-reportada (Neal & Susan, 2016).

Además de los ya mencionados, os factores propios de la rodilla que pueden provocar el dolor femoropatelar son el valgo de rodilla y el ángulo Q (o ángulo del cuádriceps). En cuanto a este último, normalmente mide aproximadamente 10° en los hombres y 15° en las mujeres. A menudo se menciona esta diferencia para explicar el hecho de que las mujeres tienden a presentar una mayor incidencia de SFP que los hombres. Sin embargo existen diferentes estudios (Green, 2005; Post et al., 2002) que estudiaron la relación entre el ángulo «Q» y el dolor femoropatelar. Todos ellos han llegado a la conclusión de que existía determinada relación entre la medida del ángulo «Q» y los problemas del paciente, pero que su valor clínico era «dudoso y limitado» (Green, 2005).

Una revisión sistemática sobre la anatomía y los factores potenciales del síndrome de dolor femoropatelar (Waryasz & McDermott, 2008) incluyó como posibles causas de lesión: laxitud ligamentosa rotuliana generalizada, debilidad de determinados músculos, un ángulo Q excesivo en la rodilla, compresión o inclinación rotuliana y un desajuste entre el tiempo de activación del vasto lateral y el vasto medial oblicuo.

### **1.2.3 Relación glúteo medio-rodilla**

En el año 2008 se realizó un estudio en el que se aplicaba un protocolo de trabajo de control neuromuscular de tronco y cadera en atletas femeninas. En él se destacaba que las mujeres eran más propensas a sufrir lesiones de rodilla, en especial del ligamento cruzado anterior, que los hombres de las mismas disciplinas deportivas. Se concluyó que una alteración del control neuromuscular en las zonas señaladas produciría desajustes mecánicos en el tren inferior (Myer et al., 2008).

Un gran número de estudios revisados muestran que, en personas con síndrome de dolor femoropatelar, el glúteo medio se encontraba alterado. Esta perturbación podía indicar una limitación en la capacidad de control del movimiento frontal y transversal de la cadera (Barton et al., 2013). La ausencia de dominio motor sobre la cadera produce

desajustes biomecánicos en el miembro inferior, provocando en muchos de los casos el mencionado dolor en el tendón rotuliano.

#### **1.2.4 Relación tobillo-rodilla**

La articulación del tobillo, o talocrural, es la articulación distal del miembro inferior. Por su condición de tróclea, posee un único grado de libertad y se considera como “la reina” del complejo articular del retropié. Se trata de una articulación “muy cerrada” que sufre limitaciones importantes, soportando la totalidad del peso corporal en apoyo monopodal (Kapandji, 2010).

El tobillo, junto con la rotación axial de la rodilla, tiene las funciones de flexoextensión, aducción-abducción y pronación-supinación sobre los ejes transversal, longitudinal de la pierna y longitudinal del pie respectivamente (Kapandji, 2010). En este trabajo, solo trabajaremos sobre la articulación tibioastragalina, por lo que nos centraremos en el rango de flexoextensión de nuestras jugadoras analizadas.

Desde la posición de referencia (aquella en la que la planta del pie es perpendicular al eje de la pierna) la flexión del tobillo se define como el movimiento de aproximación del dorso del pie a la cara anterior de la pierna (Kapandji, 2010). Los valores de flexión dorsal del tobillo son de 20° a 30° de amplitud, valores notablemente inferiores a los de la extensión (30° a 50°) (Kapandji, 2010).

En los distintos deportes analizados, una adecuada flexión dorsal del tobillo se considera determinante para prevenir las tendinopatías rotulianas. Tanto en baloncesto (36.5°) (Backman et al., 2011) como en voleibol (45°) (Malliaras et al., 2006) los jugadores que tenían una flexión dorsal del tobillo por debajo de los valores citados, aumentaban las probabilidades de sufrir algún tipo de tendinopatía rotuliana. Estudios ya mencionados anteriormente en este trabajo (Wyndow et al., 2017) han observado que, personas con dolor femoropatelar padecían, junto a otros posibles factores, una flexión dorsal de tobillo reducida. Otro de los factores a tener en cuenta son las asimetrías entre ambos tobillos. Diferencias mayores de 1,5 cm éstos podrían generar lesiones del tren inferior (Hoch et al., 2011).



También en relación con el voleibol, y para más consideración, la movilidad reducida del tobillo puede condicionar la fase de recepción tras un salto (Fong et al., 2011), poniendo en evidencia la importancia del trabajo preventivo en este aspecto.

Aunque no se ha considerado en este trabajo por “no ser de nuestra competencia”, existe otro factor que puede aumentar el dolor femoropatelar considerablemente. Durante las tendinopatías rotulianas puede haber una hiperpronación muy intensa de la articulación astragalocalcánea producida, en parte, por el descenso del navicular tras la fatiga. Cuanto mayor es la pronación a nivel de esta articulación, mayor es la rotación interna de la tibia. Esto puede aumentar la carga en los tejidos blandos que rodean la rodilla y, en consecuencia, incrementar el dolor local (Cowley y Marsden, 2013).

### **1.3 OBJETIVOS**

Una vez se ha justificado el trabajo, se procede a enumerar los objetivos establecidos. El objetivo principal será el de diseñar y aplicar un protocolo de prevención de lesiones del tendón rotuliano en voleibol. Objetivos secundarios son:

- Diseñar un protocolo para evaluar, prevenir y corregir el dolor femoropatelar, centrado en el trabajo de tobillo y cadera.
- Aplicar el protocolo propuesto a una muestra de jugadores y jugadoras de voleibol.
- Analizar los resultados obtenidos con el fin de verificar la validez del protocolo propuesto.
- Disminuir los factores de riesgo asociados al dolor rotuliano en los que estén implicados el tobillo y el glúteo medio.

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 MUESTRA DE ESTUDIO**

El trabajo se ha desarrollado gracias a la colaboración del Club Agustinos Universidad de León de voleibol, quienes han puesto interés en colaborar en la consecución del mismo.

Se ha trabajado con todas las categorías del club mencionado, desde la infantil hasta la sénior, y tanto con los equipos femeninos como con el masculino. Las edades

comprendidas oscilan entre los doce años y los treinta y uno. El número total de participantes fue 87 aunque, por diferentes motivos, únicamente se ha contabilizado a 77 jugadores y jugadoras. Como la muestra incluía a jugadoras menores de edad, se solicitó a la directiva del club una autorización de consentimiento informado para todos los participantes en el estudio (Anexo 1).

## 2.2 PROGRAMA DE EJERCICIOS

Como ya se ha explicado anteriormente, el síndrome de dolor femoropatelar no depende exclusivamente de la estructura de la rodilla, sino que está estrechamente ligado a las diferentes alteraciones que puedan existir, tanto en la cadera como en el tobillo. Por esta razón, el trabajo realizado ha pretendido abordar el complejo cadera-rodilla-tobillo en su totalidad. Para esto se ha diseñado, sustentado en la literatura específica, un protocolo de ejercicios de aumento de la flexión dorsal de tobillo y de fortalecimiento del glúteo medio.

Para el diseño del programa de ejercicios se han tenido en cuenta los siguientes condicionantes:

- Análisis de la literatura científica: tras realizar una revisión de la literatura dedicada al análisis específico, se han elegido un total de 12 ejercicios, todos ellos con la influencia requerida sobre el glúteo o el tobillo.

- Tiempo de ejercicio: los equipos con los que se ha trabajado realizaban 6 horas de entrenamiento repartidas en tres días, por lo que el aprovechamiento máximo del tiempo es indispensable para todos los entrenadores. Por ello, se eligieron un total de 4 ejercicios en cada entrenamiento, suponiendo unos 8-10 minutos de cada sesión.

- Material: pese a que todos los equipos entrenaban en las instalaciones de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León, y se tenía acceso a material de apoyo, se decidió que lo mejor era simplificar todos los ejercicios de manera que se requiriese el mínimo material posible y así pudiese aplicarse en equipos que no disfrutasen de esas facilidades.

La actividad del glúteo medio no es la misma en cualquier ejercicio físico o terapéutico que se realice (Hertel et al., 2005; Nylan et al., 2003; Reiman et al., 2012). Esta dependerá de diversos factores como el plano de movimiento, los efectos de la

gravedad, la velocidad del movimiento, la base de sustentación y el tipo de contracción muscular (Reiman et al., 2012). Uno de los aspectos más importante de los citados es el formado por el plano de movimiento junto al tipo de contracción, ya que el glúteo medio aumenta significativamente su actividad cuando realiza un ejercicio isométrico con una rotación externa previa del fémur (Schmitz et al., 2002).

Partiendo de estas premisas se ha intentado diseñar un protocolo atractivo y ameno, buscando que todos los sujetos de la muestra lo realizasen con ganas y no desistiesen por aburrimiento en la primera sesión. En el protocolo de mejora de la flexión dorsal, por ejemplo, todos los ejercicios pueden ser bastante monótonos por la simplicidad que tienen y lo reiterativo del movimiento. Para combatirlo, se ha intentado diseñar ejercicios en los que los sujetos interactuasen entre ellos como apoyo, o compartiendo el material utilizado. Con esto se buscaba no privar a los jugadores y jugadoras de los pequeños momentos de interacción personal que existen en los calentamientos de los deportes colectivos.

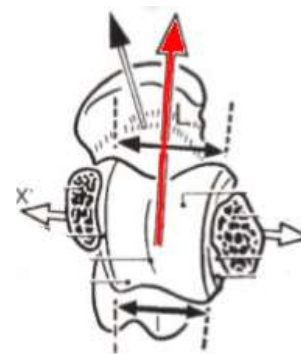
Casi todos los estudios analizados (Boren et al., 2011; Distefano et al., 2009; Myer et al., 2008; Reiman et al., 2012) coincidían en los mismos resultados, de manera que el trabajo de revisión bibliográfica y posterior diseño ha culminado en los ejercicios que a continuación se presentan (Anexo 2):

- plancha frontal con extensión de cadera y rodilla apoyada,
- plancha frontal con extensión de cadera,
- peso muerto monopodal,
- puente con pies juntos,
- plancha lateral,
- sentadilla monopodal

Además, se ha tenido en cuenta la inexperiencia de muchos de los participantes del estudio, sobre todo en las categorías inferiores, por lo que algunos ejercicios han sido adaptados o modificados levemente para conseguir los mejores beneficios. En los ejercicios de plancha frontal y lateral se ha favorecido que, aquellos jugadores o jugadoras que sintiesen molestias en el hombro o las muñecas durante el ejercicio, apoyasen los codos en una colchoneta.

Tanto en el peso muerto como en la sentadilla monopodal se buscaba una situación de estabilidad, de forma que el trabajo se centrara en el glúteo y se aislara el del tensor de la fascia lata durante la reequilibración (Ferber et al., 2011).

En cuanto a la flexión dorsal del tobillo, el protocolo diseñado buscaba provocar un desajuste en los factores limitantes de la flexión del tobillo (óseos, capsulo-ligamentosos y musculares). Los primeros vienen determinados, por el impacto de la superficie tibial con la cara superior del cuello del astrágalo. Los segundos vienen definidos por la tensión producida, tanto en la cápsula articular, como en los haces posteriores de los ligamentos laterales. Por último, los factores musculares hacen referencia a la resistencia tónica, que interviene antes que los otros ya descritos (Kapandji, 2010).



Debido a estas limitaciones, todos los ejercicios del protocolo han seguido una norma común: dirigir el desplazamiento de la tibia sobre la carilla externa del astrágalo; es decir, hacia fuera, ya que su plano es ligeramente oblicuo y se desvía hacia delante y hacia fuera (Figura 1).

Figura 1: Vista superior del astrágalo

Todas las sesiones se han realizado durante el calentamiento, en la parte inicial de los entrenamientos y, a partir de la segunda semana, se llevaba a cabo junto con un pequeño trabajo de reequilibración y propiocepción del miembro inferior, a cargo de cada entrenador, para tratar de reducir el impacto que el aumento de la flexión dorsal del tobillo pudiese tener sobre la inestabilidad del mismo. Se han ejecutado 2 series de 10 repeticiones de cada uno de los ejercicios y, como referencia visual, se entregó a cada entrenador una ficha explicativa con los ejercicios correspondientes a cada uno de los días de trabajo (Anexo 2).

## 2.3 PROTOCOLO EVALUATIVO

La evaluación de los jugadores y jugadoras está configurada por dos partes: la contestación de un pequeño cuestionario y la posterior medida de flexión dorsal de tobillo. Dicho cuestionario (Anexo 3) recogía: el nombre y la edad; si se habían sufrido lesiones

de tobillo (principalmente esguinces); si existía o no dolor en las zonas de afección del dolor femoropatelar, y la percepción subjetiva de dicho dolor en una escala de 0-10, en el que el 0 es la ausencia de dolor, y el 10 un dolor incapacitante, basado en la Escala Numérica de dolor (García & Más, 2011). Además, se preguntó si se habían tenido o se tenían lesiones de rodilla diferentes que pudiesen influir en los resultados. Las preguntas que concernían a la referencia de dolor se repitieron al terminar el protocolo de ejercicios, tratando de saber si, a aquellos jugadores y jugadoras que tenían dolor, les había minimizado o desaparecido.

La segunda parte de la evaluación consistió en un test de medición de la flexión dorsal de ambos tobillos. Para ello, se ha utilizado el *weight-bearing lunge test* (WBLT) (Hoch, y McKeon, 2011), con el que se intenta medir el avance máximo de la tibia sobre el retropié en una posición de carga o soporte de peso.

Existen diferentes formas de medir la flexión dorsal del tobillo, pero se ha elegido este por ser el que mayor fiabilidad atesora. En comparación con la medición sin peso (entendido prono) se demostró que la fiabilidad del test en carga aumentaba considerablemente (Venturini et al., 2006). Además, se le atribuye una mayor fiabilidad con respecto al test similar que utiliza el goniómetro como forma de medición del ángulo entre tibia y retropié (Konor et al., 2012).

El material utilizado fue una cinta métrica y una regla para delimitar la longitud máxima que alcanzaba cada participante. La cinta métrica se coloca en el suelo, pegada a la pared, de manera que forme un ángulo recto con la vertical. El sujeto se sitúa descalzo sobre la cinta métrica y coloca el retropié y el tercer dedo sobre ésta. El pie que queda libre se coloca siempre detrás del talón del pie a medir. Entonces, con las manos en la cintura y sin despegar el talón de la cinta, se trata de alcanzar la pared en línea recta.

Durante la toma de muestras el analizador se sitúa en el lado de medición y debe controlar 3 aspectos importantes (Figura 2):

- que los jugadores y jugadoras no separen el talón del suelo, para lo que se sujetaban las tuberosidades posteriores del calcáneo para que éste no se moviese.



- que los brazos se mantengan en todo momento cerca del cuerpo,
- que la rodilla se dirija en línea recta hacia la pared, para lo que se colocó una tira de esparadrapo que sirviese como guía.

El WBLT debe realizarse sin un calentamiento previo, por lo que se comprobó que las jugadoras y jugadores no hubiesen realizado actividad física previa a ambos test. El protocolo consta de 2 movimientos de familiarización, en los que se corrigen pequeños errores que puedan producirse, y 4 más de medición, que se irán adecuando según las marcas obtenidas en cada uno de los anteriores. Se toma la marca más lejana alcanzada en la cinta métrica como valor máximo de flexión dorsal. La participación de los jugadores y jugadoras se controló con una hoja de registro de asistencia (Anexo 4).

Figura 2: test dorsiflexión de tobillo (WBLT)

## 2.4 Temporalización

El proceso de revisión bibliográfica comenzó en el mes de enero, completándose con el planteamiento de objetivos y el posterior diseño del protocolo. Después se llevó a cabo la evaluación inicial de todos los participantes, seguida de la aplicación del protocolo, que se desarrolló en 13 sesiones a lo largo de 5 semanas, abarcando todo el mes de marzo y la última semana de febrero (Anexo 5). Al finalizar, se volvió a realizar una evaluación de todos los sujetos para, tras el parón de vacaciones, proceder con el análisis de los resultados. Todos los equipos, excepto el sénior femenino, realizaron el trabajo anteriormente señalado (Tabla 1).

Tabla 1: distribución temporal del protocolo preventivo.

	<b>Lunes</b>	<b>Miércoles</b>	<b>Viernes</b>
	Protocolo A	Protocolo B	Protocolo C
Infantil	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10
Cadete	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10
Juvenil	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10
Sénior mas.	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10	5 semanas 2x10
Sénior fem.	5 semanas 2x8	5 semanas 2x8	

### 3 Resultados y discusión

Como ya se ha explicado en el apartado anterior, el protocolo comenzó con una fase evaluativa de los sujetos, mediante el WBLT, en la que se obtuvieron datos referentes al número jugadores y jugadoras que padecían dolor femoropatelar, al ángulo de flexión dorsal, y a las asimetrías que pudiesen existir entre los tobillos de cada uno de ellos. La misma operación se realizó al final del protocolo, obteniendo datos de los mismos parámetros que al principio. La tabla 2 resume los resultados obtenidos en el protocolo, a partir de un análisis descriptivo de los datos obtenidos, usando para ello una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2016.

En lo referente al ángulo de dorsiflexión del tobillo se percibió que, 24 jugadores y jugadoras de un total de 77, tenían ángulos de flexión dorsal menores de los recomendados ( $45^{\circ}$ ) en el test inicial, mientras que la cifra descendió a 20 en la prueba post-protocolaria, consiguiendo que se acercasen a los valores recomendados (Malliaras et al., 2006), y mejorando el registro inicial del resto de participantes.

En cuanto al número de jugadores y jugadoras con dolor femoropatelar, en el análisis inicial se observó que 22 padecían dolor en la zona referida. Otros dolores se desecharon por deberse a diferentes lesiones sufridas en el pasado. En la prueba final, por el contrario, solo 14 de ellos mantuvieron este dolor, y aquellos que experimentaron la pérdida del mismo, no acudieron al médico o al fisioterapeuta durante el tiempo que duró el protocolo. Además, en la prueba inicial se observó que 15 participantes padecían una asimetría peligrosa en la flexión dorsal de sus tobillos (igual o mayor de 1.5 cm. o  $5.4^{\circ}$ ), mientras que en la prueba final, 4 de los participantes alcanzaron valores normales, disminuyendo por tanto la probabilidad de lesiones (Hoch et al., 2011).

Por último, se comprobaron por separado los datos sólo de aquellos jugadores y jugadoras que habían realizado dos tercios del total de las sesiones del protocolo programadas (9 sesiones), comprobando así si aquellos que no habían asistido a todos los entrenamientos podían enmascarar las mejoras de sus compañeros. Todos aquellos que realizaron nueve sesiones mejoraron en torno a un 14% más la flexión dorsal de ambos tobillos y disminuyeron la asimetría entre ambos pies un 40% más que los que no realizaron al menos esas sesiones.



Tabla 2: Resumen datos recogidos en el protocolo

Categoría	INICIAL				FINAL				DOLOR	
	Dist. D (cm)	Áng.	Dist. I (cm)	Áng.	Dist. D (cm)	Áng.	Dist. I (cm)	Áng.	INI	FIN
Infantil	15.23	54.84	15	54	15.60	56.16	14.87	53.52	5	2
Cadete	13	46.80	13.81	49.7	13.40	48.26	13.76	49.54	6	5
Sénior F.	13.19	47.48	13.25	47.7	12.94	46.58	13.19	47.48	3	3
Sénior M.	10.42	37.50	12	43.2	10.75	38.70	12.08	43.50	5	3
Juvenil	12.54	45.14	12.46	44.8	13.46	48.46	13.58	48.88	3	1
Total	12.88	46.35	13.30	47.9	13.23	47.63	13.50	48.60	22	14
Control	11.14	40.11	12.14	43.7	10.86	39.09	12.14	43.71	2	2

Al analizar los resultados muestran que, en función de la categoría o edad, las jugadoras más jóvenes (los equipos infantil y cadete) tenían una flexión dorsal media de 50° y 51° en los tobillos derecho e izquierdo respectivamente, valores muy por encima de los 45° necesarios para disminuir el riesgo de lesión femoropatelar (Malliaras et al., 2006).

El equipo sénior femenino mostró valores de dorsiflexión menores que los anteriores, pero también por encima de los grados requeridos. Debido al momento de la temporada, el equipo solicitó disminuir el trabajo protocolario de 10 a 6 repeticiones. El test final mostró resultados negativos, disminuyendo la flexión dorsal de ambos pies y aumentando la asimetría entre ellos. Por su parte, el equipo masculino mostró los peores números de flexión dorsal pero, tras realizar todas las sesiones, mejoraron la media en el ángulo de dorsiflexión y redujeron la asimetría entre ambos tobillos.

Para acabar se abordará el caso del equipo juvenil. Por suerte, se pudo contar con la ayuda de un equipo ajeno al Club AULE, el Santo Domingo de Soria, que se utilizó como grupo control para comparar resultados, sobre todo, con el equipo de su misma categoría. Ambos equipos ocupan los primeros puestos de su liga, entrenan 3 días a la semana y tienen un nivel similar de juego, por lo que el grupo es idóneo para su función.

En el WBLT inicial se observó que el grupo control tenía valores de flexión dorsal de tobillo menores que el equipo juvenil (por debajo de 45°). Ambos equipos obtuvieron valores de asimetría entre los tobillos en rango. En el test final, por el contrario, se observó que las jugadoras del grupo control disminuyeron o mantuvieron la flexión dorsal



en sus tobillos, todo lo contrario que las jugadoras del club leonés, que mejoraron la dorsiflexión en torno a 3°.

## 4 Conclusión

Una vez finalizado el protocolo y analizado los resultados y el proceso en su globalidad se puede concluir lo siguiente:

- El protocolo propuesto parece resultar efectivo evaluar, prevenir y corregir el dolor femoropatelar, empleando para ello poco material y un tiempo mínimo previo al calentamiento deportivo.
- La aplicación de un protocolo centrado en el trabajo de tobillo y cadera incide sobre la corrección de factores de riesgo asociados al dolor femoropatelar.
- La aplicación de este protocolo durante al menos nueve sesiones disminuye los factores de riesgo asociados al dolor femoropatelar.

## 5 Valoración personal y líneas futuras de trabajo.

Considero que este trabajo ha servido para aplicar los conocimientos adquiridos en diferentes asignaturas del Grado, tales como Análisis de datos y metodología aplicada a CAFD, Cinesiología humana, Fundamentos y ampliación deportiva de voleibol o Teoría y metodología del entrenamiento deportivo. Todas ellas, junto a la revisión bibliográfica realizada, han formado las bases para la consecución del mismo.


La bibliografía existente acerca de la prevención y tratamiento de lesiones en el voleibol no es, hasta el momento, demasiado extensa. La gran mayoría de trabajos al respecto buscan analizar cuáles son las lesiones más importantes o la frecuencia con la que ocurren. Queda, por tanto, un largo camino que recorrer en el diseño de herramientas de trabajo preventivo y correctivo de lesiones en este deporte.

La prevención y corrección de lesiones adquieren un papel importante tanto en el campo del entrenamiento deportivo, enfocado a la actividad física o a un deporte específico, como en el ámbito de la salud, destinado éste a la mejora de la calidad de vida de las personas.

El escaso número de estudios realizados en voleibol hace que el trabajo efectuado pueda servir como base, tanto para la creación de herramientas de prevención de lesiones, como para el diseño de programas de correcciones patológicas. El protocolo puede servir como instrumento de análisis y prevención de lesiones en pretemporada, ya que la distribución temporal del programa se asemeja a la duración del periodo preparatorio en voleibol. En este caso, el objetivo fundamental sería la mejora del rendimiento del equipo.

Por último, agradecer a la Universidad de León y a la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte la formación recibida en estos años. También a mi tutor por guiarme a lo largo de todo este Trabajo de fin de grado, al Club Agustinos Universidad de León, al Santo Domingo de Soria y, en especial, a los entrenadores, jugadores y jugadoras de los clubes que han participado, sin los cuales no hubiera sido posible.

## 6 Bibliografía

- Aagaard, H., Scavenius, M. & Jorgensen, U. (1997). An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball. *International Journal of Sports Medicine*, 18(3), 217–221.
- Bahr, R. & Maehlum, S. (2007). *Lesiones Deportivas. Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación*, 42-44. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Bahr, R. & Reeser, J. C. (2012). New guidelines are needed to manage heat stress in elite sports - The Federation Internationale de Volleyball (FIVB). Heat Stress Monitoring Programme. *British Journal of Sports Medicine*, 46(11), 805–809.
- Bolgia LA, Malone TR, Umberger BR, Uhl TL. (2011). Comparison of hip and knee strength and neuromuscular activity in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(4), 285–296. 
- Boren, K., Conrey, C., Le Coguic, J., Paprocki, L., Voight, M., Robinson, T., (2011). Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(3), 206-225.
- Colliander, E., Eriksson, E., Herkel, M., & Sköld, P. (1986). Injuries in Swedish elite basketball. *Orthopedics*, 9(2), 225-227.
- Cowley, E., & Marsden, J. (2013). The effects of prolonged running on foot posture: a repeated measures study of half marathon runners using the foot posture index and navicular height. *Journal of foot and ankle research*, 6(1), 20.
- DeLee, J.C., Faney, W.C. (1992). Incidence of injury in Texas high-school football. *American Journal of Sports Medicine* 20, 575-580.
- Distefano, L. J., Blackburn, J. T., Marshall, S. W., & Padua, D. A. (2009). Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 39(7), 532-540.

- Ekstrand, J., & Tropp, H. (1990). The incidence of ankle sprains in soccer. *Foot & ankle*, 11(1), 41-44.
- Ferber, R., Kendall, K. D., & Farr, L. (2011). Changes in knee biomechanics after a hip-abductor strengthening protocol for runners with patellofemoral pain syndrome. *Journal of athletic training*, 46(2), 142-149.
- García, L. H. G., García, C. M. R., Fuentes, I. G., & Victoria, N. P. (2003). A rticulación de la rodilla y su mecánica articular. *Medisan*, 7(2), 100-109.
- García, R. L., & Más, A. G. (2011). Percepción del dolor y fatiga en relación con el estado de ánimo. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 11(2), 93-106.
- Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V. & Papaiakevou, G. (2004). Biomechanical Differences in Elite Beach-Volleyball Players in Vertical Squat Jump on Rigid and Sand Surface. *Sports Biomechanics*, 3(1), 145– 158.
- Green, S. T. (2005). Síndrome femoropatelar: clínica y tratamiento. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*, 26(3), 1-9.
- Hoch, M. C., & McKeon, P. O. (2011). Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual therapy*, 16(5), 516-519.
- Jonsson, P., & Alfredson, H. (2005). Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *British journal of sports medicine*, 39(11), 847-850.
- Jørgensen, U. (1984). Epidemiology of injuries in typical Scandinavian team sports. *British Journal of Sports Medicine*, 18(2), 59-63.
- Kapandji, A. I. (2010). *Fisiología articular*. Tomo 2. Madrid: Panamericana. 6a edición.
- Kuitunen, S., Komi, P. V., & Kyröläinen, H. (2002). Knee and ankle joint stiffness in sprint running. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(1), 166-173.

- Lack, S., Barton, C., Woledge, R., Laupheimer, M., & Morrissey, D. (2014). The immediate effects of foot orthoses on hip and knee kinematics and muscle activity during a functional step-up task in individuals with patellofemoral pain. *Clinical Biomechanics*, 29(9), 1056-1062.
- Myer, G. D., Chu, D. A., Brent, J. L., & Hewett, T. E. (2008). Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. *Clinics in sports medicine*, 27(3), 425-448.
- Nordin, M., Frankel, V.H. (2002). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. *Journal of Biomechanics*, 35(6), 872.
- Ottesen, C. S., Barfod, K. W., & Holck, K. (2014). Traumatic separation of a type I patella bipartite in a sportsman. *Ugeskrift for læger*, 176(20).
- Paulseth, S., Martinovich, J., Scira, J., & Sherman, S. (2002). A study of training programs, types and incidences of injuries in elite male beach volleyball players. *International Journal of Volleyball Research*, 5(1), 6-12.
- Redondo, R. P. (2004). *Las lesiones deportivas y su prevención*. Universidad de León, Secretariado de Publicaciones y Medios Audiovisuales.
- Pfirrmann, C. W., Jost, B., Pirkl, C., Aitzetmüller, G., & Lajtai, G. (2008). Quadriceps tendinosis and patellar tendinosis in professional beach volleyball players: sonographic findings in correlation with clinical symptoms. *European radiology*, 18(8), 1703-1709.
- Post, W. R., Teitge, R., & Amis, A. (2002). Patellofemoral malalignment: looking beyond the viewbox. *Clinics in sports medicine*, 21(3), 521-546.
- Reiman, M. P., Bolgla, L. A., & Loudon, J. K. (2012). A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises. *Physiotherapy theory and practice*, 28(4), 257-268.

- Romero, D., (2011). Incidencia y características de la lesión en el deporte. En Romero, D., Tous, J. (Ed.), *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento deportivo óptimo*, 11-57. Madrid: Médica Panamericana.
- Schafle MD, Requa RK, Patton WL, Garrick JG. (1990). Injuries in the 1987 National Amateur Volleyball Tournament. *American Journal of Sports Medicine*, 18(6) 624-31.
- Schmitz, R. J., Riemann, B. L., & Thompson, T. (2002). Gluteus medius activity during isometric closed-chain hip rotation. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(3), 179-188.
- Tortora, G., & Derrickson, B. (2010). *Principios de anatomía y fisiología* (11th ed., p. 286). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Verhagen, E.A.; van der Beek, A.J.; Bouter, L. M.; Bahr, R. M.; van Mechelen, W (2004). A one season prospective cohort study of volleyball injuries. *Br J Sports Med*.38:477-8
- Waryasz, R., McDermott, Y., (2008) Patellofemoral pain syndrome (PFPS): a systematic review of anatomy and potential risk factors . *Dinamic medicine*, 7(9), 1-14.
- Wyndow, N., Collins, N., Tucker, K., Vicenzino, B., Crossley K., (2017). People with patellofemoral osteoarthritis have greater foot pronation and mobility, and lower ankle dorsiflexion, compared to controls. *Abstracts / Journal of Science and Medicine in Sports*, 20(1), 102.

## 7 ANEXOS

### Anexo 1: Autorizaciones y consentimiento informado

Yo \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ y como tutor/a legal de \_\_\_\_\_ he sido suficientemente informado/a sobre el estudio y doy mi consentimiento para participar en el Trabajo de Fin de Grado de la Universidad de León, titulado “Diseño y aplicación de un protocolo de prevención de lesiones del tendón rotuliano en voleibol” y realizar las pruebas de análisis de la flexión dorsal del tobillo, así como el protocolo establecido para su mejora, que tiene el objetivo de disminuir los factores de riesgo de lesión en el tendón rotuliano.

A su vez, doy mi consentimiento, tanto para el uso de mis datos con fines científicos y educativos, como para la realización y uso de fotografías con idéntico criterio.

Firma: \_\_\_\_\_

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

Nombre del alumno: Alejandro Vinuesa Sanz

Contacto: avinus00@estudiantes.unileon.es

Nombre del tutor: J. Vicente García Tormo

Contacto: jvgart@unileon.es

Yo \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_, he sido suficientemente informado/a sobre el estudio y doy mi consentimiento para participar en el Trabajo de Fin de Grado de la Universidad de León, titulado “Diseño y aplicación de un protocolo de prevención de lesiones del tendón rotuliano en voleibol” y realizar las pruebas de análisis de la flexión dorsal del tobillo, así como el protocolo establecido para su mejora, que tiene el objetivo de disminuir los factores de riesgo de lesión en el tendón rotuliano.

A su vez, doy mi consentimiento, tanto para el uso de mis datos con fines científicos y educativos, como para la realización y uso de fotografías con idéntico criterio.

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

Nombre del alumno: Alejandro Vinuesa Sanz

Contacto: avinus00@estudiantes.unileon.es

Nombre del tutor: J. Vicente García Tormo

Contacto: jvgart@unileon.es



## Anexo 2: Rutina de ejercicios de cada día de trabajo.

### Lunes

#### Protocolo A

**1. Pos. Inicial:** La mano del mismo lado sujeta el empeine, mientras que la contraria sujeta el talón.

**Pos. Final:** Sin levantar el talón del suelo, llevamos el peso corporal hacia delante, cargándolo sobre el pie de apoyo, de manera que en cada repetición se busque aumentar la flexión del tobillo.

**2x(10 rep)**



**2. Pos. Inicial:** flexionando levemente la pierna de apoyo, mantenemos una posición vertical del cuerpo.

**Pos. Final:** llevamos el tronco hacia delante y la pierna libre hacia arriba hasta alcanzar, los 90° de flexión entre tronco-pierna. Después recuperamos la posición vertical.

**2x(8-10 rep)**



**3. Pos. Inicial:** Por parejas, ambos compañeros se sujetan de las manos y unen sus dedos meñiques.

**Pos. Final:** uno de ellos realiza una flexión de su pierna en dirección a la pierna contraria del compañero mientras que éste le ayuda a mantener el equilibrio. Se busca aumentar la flexión del tobillo en cada repetición.

**2x(10 rep)**



**4. Pos. Inicial:** se parte de una plancha lateral con la pierna inferior flexionada a 90°.

**Pos final:** la cadera se separa del suelo mientras se realiza una contracción máxima del glúteo.

(Si se pierde el equilibrio, se puede apoyar una mano delante como se indica en la imagen) **2x 20"**



## Miércoles

## Protocolo B

**1. Pos. Inicial:** Con una mano apoyada en la pared, flexión de la rodilla libre hasta los 90°.  
**Pos. final:** se realiza una sentadilla monopodal hasta que la puntera de la pierna libre toque el suelo. La posición del tronco debe mantenerse erguida. **2x(10 rep)**

**2. Pos. Inicial:** de cara a la pared, se coloca el pie con el talón en el suelo y la puntera en la pared.

**Pos. Final:** se realiza un movimiento de aproximación hacia la pared sobre la pierna delantera, flexionando la rodilla y buscando una mayor flexión del tobillo en cada repetición. **2x(10 rep)**

**3. Pos. Inicial:** se apoyan las dos manos en la pared y ambos pies en el suelo, uno por delante del otro.

**Pos. Final:** se carga el peso sobre el pie delantero sin separar el talón del suelo y acercando la cadera hacia la pared. En cada repetición se busca aumentar la flexión del tobillo. **2x(10 rep)**

**4. Pos. Inicial:** se comienza con una plancha frontal separando una pierna del suelo, con ligera rotación externa y colocándola en línea recta con el resto del cuerpo.

**Pos. Final:** se realizan leves elevaciones de la pierna, procurando mantener la espalda recta sin arquear la zona lumbar. **2x(10 rep)**





## Viernes

### Protocolo C



**1. Pos. Inicial:** De rodillas, con una pierna adelantada y la planta del pie apoyada por completo, se coloca la pica junto al dedo meñique.

**Pos. Final:** se desplaza el tronco sobre el pie apoyado, de manera que la rodilla pase por el exterior de la pica, buscando una mayor flexión de tobillo en cada repetición. **2x(10 rep)**



**2. Pos. Inicial:** igual que en el ejercicio 1, pero colocando la pica bajo el metatarso del pie delantero.

**Pos. Final:** se realiza un desplazamiento frontal del tronco sobre la rodilla, de manera que el peso del cuerpo recaiga sobre la pierna. El talón no debe **2x(10 rep)**

**3. Pos. Inicial:** en decúbito supino, se juntan los pies con la suela completamente apoyada en el suelo.

**Pos. Final:** con una ligera contracción abdominal y lumbar para mantener recto el tronco, se realiza una contracción máxima del glúteo, elevando la cadera hasta alcanzar una línea recta entre las rodillas y los hombros. **2x(12 rep)**



**4. Pos. Inicial:** desde la posición de plancha frontal, se flexiona y apoya una rodilla en el suelo. La pierna contraria se mantiene extendida, con ligera rotación externa de cadera y siguiendo la linealidad del tronco y la cadera.

**Pos. Final:** se realizan elevaciones de la pierna elevando, pero manteniendo recta la espalda sin arquear la zona lumbar. **2x(10 rep)**



Anexo 3: Cuestionario de recogida de datos.

DATOS	DOLOR RODILLA INICIAL		LESIÓN TOBILLO		TEST INICIAL		TEST FINAL		DOLOR RODILLA FINAL	
	Edad	dolor I 0-10	lesión D	lesión I	Distancia inicial D	Ang	Distancia final I	Ang	dolor D 0-10	dolor I 0-10
INFANTIL										
CADETE										
JUVENIL										
SANTO DOMINGO JUVENIL										
PRIMERA										
SEGUNDA MASCULINA										

**Anexo 4: Hoja de control de asistencia.**

JUVENIL	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5		
	L.27	X.1	V.3	L.6	X.8	V.10	L.13	X.15	V.17	L.20	X.22	V.24	L.27	X.29	V.31
Paula															
Laura															
Leyre															
Vero															
Marina															
Ángela															
Paula															
Andrea															
Aroa															

INFANTIL	Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4			Semana 5		
	L.27	X.1	V.3	L.6	X.8	V.10	L.13	X.15	V.17	L.20	X.22	V.24	L.27	X.29	V.31
Nuria															
Lidia															
María															
Ithaisa															
Vicky															
Paula															
Ainhoa															
Gala															
Lucía															
Miranda															



Anexo 5: Temporalización

