

# Control elastográfico de la evolución de la estructura y función del tendón rotuliano tras un trabajo de potenciación muscular excéntrico: ensayo clínico aleatorizado

## *Elastography control of the evolution of the structure and function of the patellar tendon after a muscle eccentric strength program: a randomized clinical trial*

López-Royo MP<sup>a,b</sup>, Sarasa FJ<sup>b</sup>, Roca M<sup>c</sup>

<sup>a</sup> iPhysio Research Group. Universidad San Jorge. Campus Universitario, Villanueva de Gállego, Zaragoza, Spain

<sup>b</sup> Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad San Jorge. Zaragoza. España

<sup>c</sup> Dra. Roca Diagnóstico Médico. Zaragoza. España.

### Correspondencia:

María Pilar López Royo

mplopez@usj.es

ORCID: 0000-0002-6910-8082

Recibido: 2 abril 2018

Aceptado: 28 mayo 2018

### RESUMEN

**Objetivo:** conocer el efecto de un programa de trabajo muscular excéntrico sobre la morfología del tendón rotuliano sano, en deportistas profesionales de baloncesto, y conocer si la elastografía permite detectar modificaciones en el tendón tras la realización del trabajo muscular excéntrico. **Material y método:** realizamos un ensayo controlado aleatorizado doble ciego en el que incluimos a 12 jugadores de baloncesto sanos (edad media 27,08 años) divididos en dos grupos: grupo intervención y grupo control. Todos ellos recibieron una evaluación previa, otra a los 4 meses y una posterior a la intervención. El grupo intervención realizó además del entrenamiento del grupo control un programa de ejercicio excéntrico durante 6 meses. Se estableció un score de acuerdo con el color observado en el tendón proximal y distal, siendo 1 cuando el tejido es azul y más suave y 5 cuando el tejido es más rígido (rojo). **Resultados:** al comienzo del estudio, los grupos eran homogéneos. Existe un aumento significativo en el grupo de intervención de la puntuación entre la evaluación inicial y la final en la zona distal del tendón izquierdo ( $p = 0,010$ ) mientras que en el grupo control no aparecen cambios. En el resto de las medidas, aunque no se encontraron cambios estadísticamente significativos, se debe tener en cuenta que, en todas ellas, en el grupo de intervención hay un mayor porcentaje de jugadores que aumentan la puntuación respecto al grupo control. **Conclusiones:** añadir un programa de ejercicio excéntrico al entrenamiento habitual provoca una modificación de la elasticidad del tendón rotuliano en jugadores de baloncesto sanos.

**Palabras clave:** ultrasonografía, tendinopatía, ligamento rotuliano, ejercicio.

### ABSTRACT

**Objectives:** To assess the effect of an eccentric muscular program on the morphology of the healthy patellar tendon in professional basketball players, and to ascertain if the elastography allows to detect changes in the tendon after performing the eccentric muscular program. **Material and method:** This study was a randomized double-blind

*controlled trial, executed with 12 healthy male basketball players (mean of 27.08 years) divided in two groups: intervention group and control group, who received a pre-test, a 4-months evaluation test and a post-test evaluation. The intervention group performed, in addition to the training of the control group, a training program with eccentric exercise that lasted 6 months. A score was established according to the colour observed in proximal and distal tendon localization, using Tsukuba Elasticity Score, being 1 for blue and soft tissue and 5 for hard tissue. Results: At the beginning, the groups were homogeneous. There are significant differences between the initial and the final evaluation in the distal left side measure ( $p = .010$ ) in which the control group do not change. However the intervention group increase the punctuation. In the rest of the measures, although no statistically significant differences were found, it should be noted that in all of them there is a higher percentage of players that increase the value of the tendon measurement with eccentric exercise with respect to control group. Conclusions: adding a program of eccentric exercise to regular training results in a change in the tendon stiffness in the patellar tendon in healthy basketball players.*

**Keywords:** *ultrasonography, tendinopathy, patellar ligament, exercise.*

## INTRODUCCIÓN

El tendón patelar es el encargado de almacenar las fuerzas generadas por el vientre muscular del cuádriceps femoral para poder realizar el movimiento de extensión de la rodilla. Además de almacenar esa energía, la libera como un resorte para mejorar la potencia y la eficiencia en actividades de la vida cotidiana como son los saltos. Los tendones responden a la tensión progresiva y controlada de una carga<sup>(1-3)</sup>.

La prevalencia de la tendinopatía rotuliana en la población general es del 14 %, aunque aumenta en los deportes que imponen fuertes demandas en el tendón rotuliano, aumentando hasta 32 % y 45 % en los atletas de baloncesto y voleibol, respectivamente<sup>(4)</sup>. Por lo tanto, en el ámbito del baloncesto, es uno de los procesos patológicos más frecuentes, debido a las demandas de fuerza y velocidad en la extensión de la pierna<sup>(5)</sup>.

La tendinopatía rotuliana se define como una lesión que presenta dolor en la parte anterior de la rodilla, siendo más intenso al agacharse, ponerse de cuclillas, bajar escaleras o tras una práctica deportiva, y que puede conllevar en fases avanzadas, una limitación funcional que condiciona un empeoramiento del rendimiento deportivo<sup>(6-7)</sup> provocado normalmente por enfermedades mecánicas, degenerativas y por uso excesivo, y que se asocia con degeneración y desorganización de la estructura colágena, cambios en el contenido de proteoglicanos y agua, celularidad aumentada, infiltración grasa y neovascularización<sup>(7)</sup>. Dentro de las pautas de prevención

y de tratamiento del tendón lesionado, el trabajo de fuerza excéntrico se ha postulado como un tratamiento conservador muy efectivo<sup>(8-12)</sup> debido a la cantidad de estudios que respaldan una mejora en la sintomatología de los pacientes que sufren dolor y pérdida de la funcionalidad<sup>(5, 8-10)</sup>, ya que durante el ejercicio excéntrico, la carga y descarga cíclica que recibe el tendón proporciona un estímulo mecánico que lo remodela y produce una modulación de la rigidez del tendón<sup>(3)</sup>. Pero los ejercicios excéntricos no solamente se utilizan en sujetos patológicos, sino que se incluyen en diversos programas de prevención de lesiones asociadas al tendón. Por ello parece razonable realizar una propuesta del trabajo muscular excéntrico como tratamiento y prevención de las lesiones tendinosas y en concreto de la tendinopatía rotuliana.

A la hora de establecer el diagnóstico disponemos de un amplio arsenal de pruebas diagnósticas, además de la exploración física que es fundamental. Sin embargo, tenemos serias carencias en la práctica cotidiana cuando pretendemos establecer protocolos de prevención y cuando, una vez instaurados dichos protocolos, queremos evaluar sus resultados. Ello se debe a que prácticamente no disponemos de pruebas objetivas que nos permitan evaluar las características del tendón, y las modificaciones que en él se producen con el entrenamiento cuando se trata de un tendón sano desde un punto de vista de su comportamiento mecánico.

La elastografía se presenta como una técnica de diagnóstico por imagen que permite mostrar (como complemento a la ecografía) las propiedades físicas de los te-

jididos, especialmente en tejidos blandos, valorando los cambios en su elasticidad tras verse afectados ya sea por diferentes lesiones o por ejercicios o entrenamientos. Permite realizar una valoración cualitativa y cuantitativa de las propiedades mecánicas de los tejidos apreciando de esta forma la rigidez tisular por medio de una escala de colores<sup>(13)</sup>. Por lo tanto, permite la evaluación biomecánica de las lesiones con la capacidad adicional de evaluar la elasticidad del tendón, permite estratificar el nivel de lesión del tendón para informar sobre los protocolos de tratamiento y controlar la respuesta de curación a las técnicas y terapias que afectan el rendimiento del deportista de élite y permite diagnosticar el nivel de daño tisular<sup>(14-17)</sup>. Además, en estos estudios realizados los últimos años, se ha visto como la elastografía puede ser una herramienta sensible para detectar la tendinopatía de manera temprana y utilizada junto con la ecografía, imprime una mayor precisión diagnóstica en las patologías tendinosas.

Desde las primeras experiencias, se ha descrito ya un patrón de comportamiento (*score* de elasticidad) que permite incluir a las lesiones en varios tipos diferentes, lo que en el futuro facilitará su tipificación y su probable pronóstico<sup>(18)</sup>.

Así pues, con todos estos motivos, viendo que nos encontramos ante una patología muy común sobre todo entre los deportistas de élite que se dedican a los deportes de salto, como en este caso el baloncesto, es necesario investigar los efectos del ejercicio excéntrico sobre las propiedades mecánicas del tendón.

## Objetivos

El objetivo principal de nuestro trabajo es conocer el efecto de un programa de trabajo muscular excéntrico sobre la morfología del tendón rotuliano sano, en deportistas profesionales de baloncesto, y conocer si la elastografía permite detectar modificaciones en el tendón tras la realización del trabajo muscular excéntrico.

## Hipótesis

El entrenamiento mediante un trabajo muscular es-

pecífico con ejercicios de modalidad excéntrica provoca una mejoría de las cualidades elásticas del tendón.

## MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado experimental, en el que se dividió a la muestra en dos grupos: el de control (GC) y el de intervención (GI).

La muestra correspondió a jugadores sanos de baloncesto profesional todos ellos del mismo club deportivo, y que no presentaran patologías agudas en rodilla. Todos los jugadores desarrollaron un sistema de entrenamiento guiado por el equipo técnico del club durante la temporada completa de competición.

En este trabajo se incluyó entrenamiento físico (realizado en este caso por un licenciado en Actividades Físicas y Deportivas) y sesiones grupales de entrenamiento específico de baloncesto, por ejemplo, de técnica o tácticas de juego. Además, semanalmente como mínimo, se disputó un partido de competición contra otros clubs de la Liga Endesa (Liga Española de Baloncesto).

De este colectivo fueron elegidos aleatoriamente individuos para formar un GC, los cuales realizaron el entrenamiento que tenían pautado por el equipo. Por otro lado, al resto de individuos se les incluyó en el GI. Este último grupo fue el que realizó además del mismo entrenamiento que realizaba el GC, un programa de entrenamiento con ejercicios excéntricos de la musculatura anterior del miembro inferior que duró 7 meses.

La aleatorización se generó a través de un programa informático ([www.randomizer.org](http://www.randomizer.org)), siendo una persona ajena al estudio la responsable de generar la lista y custodiar los sobres que contenían la información de la aleatorización. El evaluador estuvo en todo momento cegado sin saber a qué grupo de trabajo pertenecía cada sujeto.

Se realizó a ambos grupos un control sonoelastográfico al inicio [1], otro a los 4 meses [2] y otro a los 7 meses [3]. El GC fue evaluado paralelamente al grupo de intervención.

Al comienzo se realizó una anamnesis en la que se recogieron datos basales y variables como peso, talla y porcentaje de grasa corporal de los sujetos.

### Protocolo de entrenamiento excéntrico

Se utilizó el protocolo diseñado por Purdam<sup>(5)</sup> en el que se realizan 3 series de 15 repeticiones 2 veces al día los 7 días de la semana de un ejercicio de sentadilla a una pierna. Los ejercicios se realizaron sobre un plano inclinado de 25° llegando a los 90° de flexión de rodilla (al menos pasar de los 60°) manteniendo la espalda recta.

El entrenamiento de carácter excéntrico llevado a cabo en el grupo de estudio se desarrolló durante los 7 meses que duró la intervención.

### Protocolo de evaluación elastográfica

Las pruebas ecográficas se realizaron con un ecógrafo Hitachi system EUB-8500 con sonda lineal y con un ancho de banda de 6 a 13 MHz. Todas las ecografías fueron realizadas en el centro Dr. Roca Diagnóstico Médico por un experto en este tipo de evaluaciones, siendo realizadas por el mismo evaluador, para evitar los posibles errores interobservador.

Se posicionó al sujeto acostado sobre la camilla, en posición de decúbito supino, y debajo del hueco poplíteo se colocó una cuña de 45° para flexionar la rodilla, con el objetivo de visualizar correctamente el tendón ro-

tuliano. Se realizó una valoración del tendón en la parte más distal y otra en la parte más proximal.

Se realizó el estudio mediante elastografía, la cual permite codificar por medio de una gama de colores los distintos tejidos, basándose en su propiedad elástica. A su vez, se analizaron las alteraciones detectadas en modo B y sobre el estudio elastográfico se estableció un grado respecto al color observado en localización tendinosa proximal y distal (figura 1) y se le dio una puntuación a cada una de las imágenes basándonos en el *Tsukuba Elasticity Score* (figura 2)<sup>(18)</sup>.

Dentro de la elastografía podemos diferenciar distintos tipos. Uno de ellos es la elastografía por compresión también descrita como elastografía de deformación estática, la cual se basa en el principio de que la compresión manual realizada por medio de un transductor de

Grado	Color predominante
I	Azul-verde
II	Verde-amarillo
III	Rojo

FIGURA 1. Grado de lesión con respecto a los colores observados.

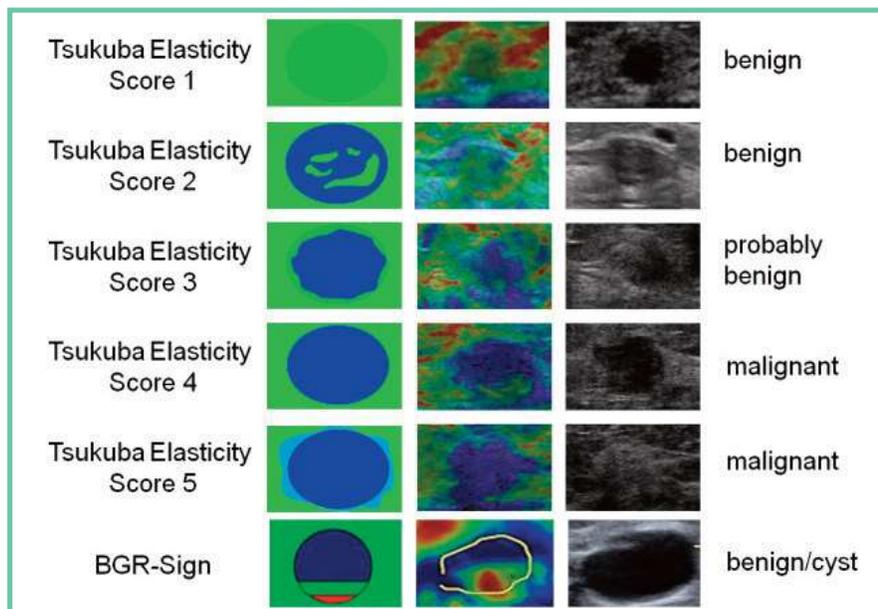


FIGURA 2. Tsukuba Elasticity Score.

forma repetida en el tendón o músculo produce tensión. El desplazamiento que se produce se calcula en tiempo real y se convierte luego en un mapa de distribución de deformación codificado por colores (elastograma), que son mapas cuantitativos de la elasticidad del tejido, donde los colores azul, rojo y amarillo/verde indican la rigidez tisular dura, blanda e intermedia respectivamente y que a menudo se superponen sobre la imagen convencional en modo B o se visualizan junto a él<sup>(13, 19)</sup>. La mayoría de los sistemas de elastografía de compresión presentan un *feedback* por medio de un indicador visual en la pantalla que proporciona la cantidad de compresión que se debe efectuar al realizar la prueba de imagen. En algunos equipos también aparece una medición semicuantitativa de la relación de deformación<sup>(19)</sup>.

### Estudio estadístico

Las características de los jugadores (peso, talla y porcentaje de grasa corporal) se describieron mediante el valor medio y su desviación típica en ambos grupos de tratamiento, analizando la existencia de diferencias entre ellos usando el contraste no paramétrico U de Mann Whitney.

Para el análisis descriptivo de los datos se calculó el porcentaje de los diferentes valores de las medidas de los tendones para el GI y para el GC en los tres instantes. De igual forma, se estimó si la diferencia hallada en ambos grupos era significativa o no, mediante un test exacto de Fisher. Las tablas presentan los p-valores de dicho contraste que, siendo menor de 0,10, concluiríamos que la diferencia en la puntuación es diferente.

Para la puntuación total, se utiliza como medida de descripción en ambos grupos, la media y su desviación típica. De igual forma, la comparación entre grupos de tratamiento se llevó a cabo mediante el contraste no pa-

ramétrico U de Mann Whitney, considerando diferencias significativas, aquellos valores que obtienen un p-valor menor de 0,01.

Con el objeto de ver si existieron diferencias al final de la temporada con respecto los parámetros iniciales, se calculó la diferencia de la medición en ambos instantes, y se presenta una tabla indicando si ha aumentado o disminuido el valor final con respecto al inicial. De nuevo, la diferencia entre grupos se calculó mediante el contraste no paramétrico U de Mann Whitney.

Para terminar el análisis, se utilizó el test ANOVA para medidas repetidas que nos permite observar si los valores se han modificado en alguno de los 3 instantes de tiempo y, si esas modificaciones son diferentes en los dos grupos de tratamiento.

### RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 12 jugadores profesionales todos ellos varones de un equipo de baloncesto. Se eliminaron de la muestra dos sujetos (uno por abandono del equipo y otro por lesión) que no pudieron cumplimentar el protocolo de trabajo excéntrico.

Al realizar la valoración previa en modo B se encontraron alteraciones en cuatro sujetos (dos del GC y dos del GI). Estas alteraciones correspondían a depósitos cálcicos en el tendón rotuliano en tres casos, y formaciones nodulares bilaterales en otro caso.

### Datos demográficos y basales

En las tablas 1 y 2 se muestran los datos recogidos en la anamnesis de los sujetos de edad, altura, peso y porcentaje de grasa en ambos grupos.

TABLA 1. Datos medios basales al inicio del estudio de los dos grupos.

	Controles	Intervención	p-valor
<b>Edad</b>	27,5 ± 2,64	26,66 ± 3,72	0,519
<b>Altura</b>	194,5 ± 13,06	201,5 ± 6,90	0,199

Datos basales: media y desviación típica.

Los jugadores del GC presentaban una edad media ligeramente superior al del grupo de trabajo excéntrico (27,5 *versus* 26,66 años). En lo que respecta a la altura, los individuos más altos pertenecían al GI. Sin embargo, en ninguno de los casos la diferencia fue significativa.

Si analizamos las diferencias en los grupos tanto de peso y del porcentaje de grasa, en los tres momentos en los que se realizaron las evaluaciones no existen diferencias significativas, aunque los individuos más pesados, pertenecían al grupo de trabajo excéntrico (tabla 2).

En cuanto a la diferencia entre el inicio y el final de temporada se observó que los jugadores del GI se mantuvieron más constantes en su peso y en su por-

centaje de grasa. Concretamente, los jugadores del GC disminuyeron su peso en algo más de 5 kg, mientras que en el GI aumentaron el peso 0,75 kg, aunque la diferencia del cambio en peso y del % de grasa no fue significativa: 0,669 y 0,832, respectivamente (tabla 3).

### Mediciones del tendón

En la tabla 4 se muestran los porcentajes de sujetos en cada uno de los grados de lesión del tendón rotuliano obtenidos en las tres mediciones (septiembre, febrero y mayo) recogidas en la elastografía. Se muestra la media y su desviación típica.

**TABLA 2. Datos medios basales en todas las evaluaciones de los dos grupos.**

	Controles	Intervención	p-valor
<b>Septiembre</b>			
Peso	97,27 ± 12,59	104,05 ± 12,02	0,088
% de grasa	14,92 ± 4,36	14,81 ± 4,43	0,744
<b>Febrero</b>			
Peso	96,22 ± 11,18	102,63 ± 11,15	0,088
% de grasa	14,92 ± 4,36	14,81 ± 4,43	0,669
<b>Mayo</b>			
Peso	91,87 (3,13)	104,8 (12,10)	0,088
% de grasa	12,62 (1,92)	14,23 (3,90)	0,669

Datos basales: media y desviación típica.

**TABLA 3. Comparativa a lo largo del estudio de los datos basales de los dos grupos.**

Final - inicial	Controles	Intervención	p-valor
Peso	5,4 ± 11,05	-0,75 ± 17,14	0,669
% de grasa	2,3 ± 5,44	0,58 ± 4,83	0,832

Datos basales: media y desviación típica.

TABLA 4. Datos medios basales en todas las evaluaciones de los dos grupos.

		Controles	Intervención	p-valor
<b>Septiembre</b>	<b>Lado derecho</b>			
	Proximal			0,667
	2	25	33,33	
	3	75	66,67	
	Distal			0,548
	2	50	33,33	
	3	50	66,67	
	<b>Lado izquierdo</b>			
	Proximal			0,714
	1	0	16,67	
	2	50	16,67	
	3	50	66,67	
	Distal			0,262
	2	75	33,33	
3	25	66,67		
<b>Puntuación total</b>	<b>10,16 ± 1,33</b>	<b>10,33 ± 1,86</b>	<b>0,665</b>	
<b>Febrero</b>	<b>Lado derecho</b>			
	Proximal			0,333
	2	0	33,33	
	3	100	66,67	
	Distal			0,452
	2	75	50,00	
	3	25	50,00	
	<b>Lado izquierdo</b>			
	Proximal			0,600
	2	0	16,67	
	3	100	83,33	
	Distal			0,600
	2	100	83,33	
	3	0	16,67	
<b>Puntuación total</b>	<b>10,25 ± 0,50</b>	<b>10 ± 1,63</b>	<b>0,999</b>	

		Controles	Intervención	p-valor
Mayo	<b>Lado derecho</b>			
	Proximal			0,600
	2	0	16,67	
	3	100	83,33	
	Distal			0,548
	2	50	66,67	
	3	50	33,33	
	<b>Lado izquierdo</b>			
	Proximal			0,667
	2	25	16,67	
	3	75	83,33	
	Distal			0,667
	2	75	66,67	
	3	25	33,33	
<b>Puntuación total</b>		10,50 ± 1,29	10,33 ± 1,50	0,991

La suma de los puntos del *score* en todos los pacientes parece indicar un predominio en la alteración de la elasticidad en localización patelar proximal y distal.

No existen cambios significativos en el porcentaje de sujetos que mejora en las medidas entre ambos grupos para ninguno de los momentos en los que se realizó la medición. Sin embargo, parece que la distribución de la puntuación recogida en el extremo distal del tendón difiere más (sobre todo del lado izquierdo) entre ambos grupos.

En la siguiente tabla se muestran las diferencias entre periodo inicial y final del porcentaje de sujetos que ha aumentado, disminuido o se ha mantenido con el mismo grado elasticidad del tendón (tabla 5). Lo primero que hay que destacar es el cambio significativo encontrado en la medida distal del lado izquierdo ( $p = 0,010$ ), donde en el GC no cambió, y sin embargo en el grupo de trabajo excéntrico, un 66,67 % de los sujetos aumentó el valor de la medida del *score*, es decir la elasticidad del tendón se volvió más suave. En el resto de las medidas, aunque no se encontraron cambios estadísticamente significativos, cabe destacar que en todas ellas hubo un mayor porcentaje de jugadores que incrementaron el valor de la medida del tendón en el GI con respecto al GC.

#### Análisis conjunto de la variabilidad entre las medidas tomadas en los diferentes instantes y el grupo de entrenamiento asignado

Usamos el ANOVA para medidas repetidas con dos objetivos, en primer lugar, ver si varían las medidas en los diferentes instantes temporales (no solo inicial versus final, sino entre los 3 momentos) y seguidamente, ver si esa variabilidad es igual o diferente según el tipo de entrenamiento asignado (tabla 6).

Observamos que las diferencias se encuentran todas en la medida distal (tanto derecho como izquierdo).

Cuando analizamos y comparamos las medidas por el entrenamiento que se asignó a cada uno de los grupos del ensayo, observamos cambios significativos en los dos tendones tanto derecho como izquierdo en su medida más distal.

Si analizamos los cambios por los tiempos de medidas e instantes temporales en los que se realizaron las valoraciones elastográficas observamos que solamente hay cambios significativos en el tendón izquierdo en la zona distal.

TABLA 5. Porcentaje de sujetos que varían su grado de lesión desde el inicio al final del estudio en cada uno de los grupos.

Final - inicial	Controles	Intervención	p-valor
<b>Lado derecho</b>			
<b>Proximal</b>			0,667
Baja un punto	25	16,67	
No cambia	75	83,33	
<b>Distal</b>			0,999
Baja un punto	25	16,67	
No cambia	50	33,33	
Aumenta 1 punto	25	50,00	
<b>Lado izquierdo</b>			
<b>Proximal</b>			0,999
Baja 1/2 puntos	25	33,33	
No cambia	75	50,00	
Aumenta 1 punto	0	16,67	
<b>Distal</b>			<b>0,010</b>
Baja 1/2 puntos	0	33,33	
No cambia	100	0,00	
Aumenta 1 punto	0	66,67	
<b>Puntuación total</b>			0,300
Disminuye	50	33,33	
Se mantiene	50	16,67	
Aumenta	0	50,00	

TABLA 6. Variabilidad entre los diferentes instantes y el grupo de entrenamiento asignado.

	Proximal (dcho)	Distal (dcho)	Proximal (izdo)	Distal (izdo)
Fuente de variación	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Modelo total	0,1982	<b>0,0490</b>	0,1406	<b>0,0054</b>
Entrenamiento asignado	0,1541	<b>0,0350</b>	0,1656	<b>0,0068</b>
Tiempo de la medida	0,4958	0,4722	0,1574	<b>0,0404</b>

p < 0,01.

## DISCUSIÓN

Este estudio ha posibilitado saber que la elastografía permite detectar modificaciones en el tendón rotuliano

tras la realización de un protocolo de trabajo excéntrico de 6 meses de duración, añadido a un entrenamiento habitual en jugadores de baloncesto que no presentan patología. De esta forma, esta técnica se puede considerar

un complemento en nuestro trabajo del día a día para valorar las estructuras tendinosas en deportistas de élite.

Además, podemos afirmar que el entrenamiento excéntrico produce cambios en el tendón patelar, consiguiendo cambios en la elasticidad del tendón, viéndose reflejado en la mejora del grado de lesión, lo que nos indica que tras el entrenamiento los tendones aumentan su rigidez.

Kongsgaard y cols.<sup>(20)</sup> en un estudio realizado en pacientes con tendinopatía rotuliana encontraron que no existe una disminución significativa en la rigidez del tendón después de realizar un ejercicio excéntrico del cuádriceps. Ese mismo grupo de investigación, en otro estudio realizado posteriormente en sujetos más jóvenes observó una reducción significativa en la rigidez del tendón después de un programa de entrenamiento de fortalecimiento de los miembros inferiores<sup>(21)</sup>. En el presente estudio se puede ver que han aparecido mejoras en la rigidez del tendón rotuliano en un 66,67 % de los sujetos del grupo que realizan un protocolo de ejercicio excéntrico del cuádriceps añadido a un entrenamiento habitual de baloncesto, mientras que los sujetos que no lo realizaban se mantienen todos ellos sin cambios. Estos mismos resultados se han visto en otro estudio realizado en 2017 en una población de 34 deportistas con tendinopatía rotuliana que realizaron durante 12 semanas un protocolo de ejercicio excéntrico a una pierna y en plano declinado<sup>(22)</sup>.

Si analizamos más profundamente y comparamos los estudios, podemos ver que la edad media de nuestra muestra es de 27 años por lo que nos encontramos con sujetos más jóvenes que los de estudios anteriores. Esto puede ser un factor determinante a la hora de buscar cambios en el tendón ya que los tiempos y procesos de recuperación pueden verse condicionados por la edad de los sujetos. Además, en estos estudios los sujetos analizados sufrían lesiones en el tendón y según Langberg y cols. en un estudio que realizaron en tendón de Aquiles, el efecto del ejercicio sobre la síntesis de colágeno es diferente en los tendones sanos y patológicos, ya que parece que la adaptación del tendón puede ser diferente entre los tendones sanos y patológicos<sup>(23)</sup>.

En un estudio realizado en 2013<sup>(24)</sup>, en el que se analizaron sujetos sanos los cuales se repartieron en 4 gru-

pos de trabajo (grupo 1 sin ejercicio, grupo 2 con ejercicio concéntrico-excéntrico, grupo 3 con trabajo excéntrico con cargas estándar y grupo 4 trabajo excéntrico con altas cargas) y se analizaron los cambios en rigidez, modulación, fuerza, tensión y elongación muscular, concluyeron que solamente en el grupo que realizaba los ejercicios excéntricos de alta carga se obtuvo un aumento significativamente mayor en fuerza, rigidez y en el módulo elástico en comparación con el grupo de control. Al igual que en nuestro trabajo, en este estudio se reclutaron sujetos sanos y con edades muy parecidas y hemos encontrado que los resultados son muy similares, lo que nos confirma que los ejercicios con carga excéntrica son un buen trabajo tanto para la prevención como el tratamiento de las patologías en tendones. Además, podemos afirmar, que nuestro estudio añade todavía más información a los estudios existentes ya que hemos podido realizar un seguimiento a largo plazo (durante toda una temporada de competición) y los resultados obtenidos en los 3 primeros meses de ejercicio se mantienen e incluso mejoran al final de la temporada pasados 9 meses de entrenamiento.

En lo que respecta a lo localización de la mejoría de rigidez en los tendones se observa que el cambio real se produce en la parte más distal del tendón patelar, en la zona de inserción tibial. Este hecho nos resulta curioso, y con un enorme potencial para futuros estudios, ya que normalmente los cambios degenerativos y el dolor en pacientes con tendinopatía rotuliana se encuentran en la inserción proximal o superior del tendón muy próximo al polo inferior de la rótula.

Otro hecho que cabe destacar de este estudio que presentamos es el predominio de mejora en el miembro inferior izquierdo con respecto al derecho. En los deportes de salto, la pierna que se ve más afectada en patologías como la tendinopatía rotuliana es la pierna no dominante, ya que asiduamente es la encargada de la recepción o apoyo en el suelo. En este caso, no se preguntó a los jugadores sobre el lado dominante, una limitación que nos hubiera servido para poder saber si la mejora de la rigidez de tendón que se presenta guarda relación con el lado dominante. Siendo que la mayoría de la población es diestra y la pierna no dominante es la izquierda y la mejora en este caso se da en la pierna izquierda, quizá nos haga sospechar que podría estar

relacionado, pero serían necesarios más estudios cumpliendo estos criterios para poder clarificarlo.

En este trabajo nos encontramos ante la necesidad de observar los cambios en tejido musculoesquelético, el cual no se puede considerar un tejido de referencia ya que para ello se requiere una elasticidad constante<sup>(19)</sup>. Debido a su accesibilidad generalizada y su costo relativamente bajo, así como a la posibilidad inherente de exámenes dinámicos en tiempo real utilizando ultrasonidos<sup>(25)</sup> hacen que la elastografía se haya vuelto cada vez más común en las últimas décadas<sup>(26)</sup>, estableciéndose como un excelente método de diagnóstico para la fibrosis hepática, el cáncer de mama y el cáncer de tiroides y, en lo que concierne al campo musculoesquelético, utilizándose en muchas investigaciones y recientemente aplicándola a la práctica clínica<sup>(27)</sup>. Como se observó en un trabajo en 2016<sup>(17)</sup>, en el que valoraron la reproducibilidad de la elastografía por compresión, este tipo de prueba presenta déficits ya que obtuvo un bajo nivel de reproducibilidad para medir la rigidez del tendón aunque con fines de reducir al máximo posible esta limitación, todas las mediciones fueron recogidas por el mismo examinador utilizando el indicador visual de la aparatología, el cual ayuda a disminuir la variabilidad interobservador y facilita la obtención de la imagen por medio del *feedback* que ofrece. Otra de las limitaciones que nos encontramos en el uso de la elastografía es que en los tendones la tensión es menor en los tejidos más duros. Por esto, en la compresión puede aparecer una pérdida intrínseca del contraste del módulo de corte cuando las inclusiones blandas están incrustadas en el material de fondo duro incompresible, ya que estas inclusiones son incapaces de deformarse<sup>(19)</sup>.

A pesar de esto, parece que el estudio elastográfico es un instrumento que permite comprobar modificaciones que sobrepasan el ámbito de lo morfológico, para llegar a elementos como la elasticidad que tienen más interés al valorar la funcionalidad del tendón. La valoración elastográfica permite valorar la repercusión que el trabajo excéntrico tiene sobre el tendón rotuliano de deportistas sanos, observándose una modificación estadísticamente significativa de la elasticidad en su segmento distal del lado izquierdo.

A la hora de valorar las características de los participantes hubiera sido interesante realizar una evaluación de la percepción del estado de salud o de la calidad de

vida de los pacientes por medio de escalas o cuestionarios, así como un registro de la pierna dominante en el salto o en la recepción del mismo, para poder detallar más las mejoras encontradas.

## CONCLUSIONES

La elastografía es una técnica que presenta a su favor, su fácil acceso y sus amplias posibilidades, teniendo como elementos negativos que se trata de una técnica complementaria, operador dependiente de la presión realizada y la falta de estudios que aporten un mayor conocimiento del uso y de la interpretación de los resultados.

Por otro lado, podemos concluir que un entrenamiento excéntrico pautado sigue siendo un trabajo efectivo en la mejora de la rigidez de los tendones ya sean sanos o patológicos.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y se ajustan a la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.

**Confidencialidad y consentimiento informado.** La investigación fue aprobada por el Comité de Ética correspondiente. Los participantes fueron informados de los objetivos y procedimientos del estudio y firmaron, voluntariamente, un consentimiento informado. Además, se obtuvieron los permisos necesarios para el uso de algunas imágenes.

**Privacidad.** Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes. Se garantizó la confidencialidad de los datos e imágenes según la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de Diciembre, de protección de datos de carácter personal.

**Financiación.** Los autores hacen constar que no han recibido ningún tipo de financiación

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

**Contribuciones de la autoría.** López-Royo MP: análisis e interpretación de los datos del trabajo. Redacción del artículo. Aprobar versión final y del manuscrito. Sarasa FJ: concepción y diseño del estudio, recogida de datos y revisión del manuscrito. Aprobar versión final y del manuscrito. Roca M: concepción y diseño del estudio, recogida de datos y revisión del manuscrito. Redacción del artículo. Aprobar versión final y del manuscrito. Todos los autores declaran que han leído y aprobado el manuscrito y que cumplen los requisitos para la autoría. Los autores declaran que el contenido del artículo es original y que no ha sido publicado previamente ni está enviado ni sometido a consideración a cualquier otra publicación, en su totalidad o en alguna de sus partes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Maffulli N, Longo UG, Denaro V. Novel approaches for the management of tendinopathy. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 Nov 3; 92(15): 2604–13.
- Sconfienza LM, Silvestri E, Cimmino MA. Sonoelastography in the evaluation of painful Achilles tendon in amateur athletes. *Clin Exp Rheumatol.* 2010 May-Jun; 28(3): 373–8.
- Lee WC, Ng GY, Zhang ZJ, Malliaras P, Masci L, Fu SN. Changes on Tendon Stiffness and Clinical Outcomes in Athletes Are Associated With Patellar Tendinopathy After Eccentric Exercise. *Clin J Sport Med.* 2017 Dec 19.
- Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. *Am J Sports Med.* 2005 Apr; 33(4): 561–7.
- Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2004 Aug; 38(4): 395–7.
- Peers KH, Lysens RJ. Patellar tendinopathy in athletes: current diagnostic and therapeutic recommendations. *Sport Med.* 2005; 35(1): 71–87.
- Weinreb JH, Sheth C, Apostolakis J, McCarthy MB, Barden B, Cote MP et al. Tendon structure, disease, and imaging. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014 May 8; 4(1): 66–73.
- Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med.* 2005 Feb; 39(2): 102–5.
- Visnes H, Bahr R. The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): a critical review of exercise programmes. *Br J Sports Med.* 2007 Apr; 41(4): 217–23.
- Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med.* 2005 Nov; 39(11): 847–50.
- Sussmilch-Leitch SP, Collins NJ, Bialocerkowski AE, Warden SJ, Crossley KM. Physical therapies for Achilles tendinopathy: systematic review and meta-analysis. *Journal of foot and ankle research.* 2012 Jul 2; 5(1): 15.
- Larsson ME, Käll L, Nilsson-Helander K. Treatment of patellar tendinopathy—a systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Aug; 20(8): 1632–46.
- Galletti S, Oliva F, Masiero S, Frizziero A, Galletti R, Schiavone C et al. Sonoelastography in the diagnosis of tendinopathies: an added value. *Muscles, ligaments and Tendons Journal.* 2016 Feb 13; 5(4): 325–30.
- De Zordo T, Chhem R, Smekal V, Feuchtner G, Reindl M, Fink C et al. Real-time sonoelastography: findings in patients with symptomatic achilles tendons and comparison to healthy volunteers. *Ultraschall Med.* 2010 Aug; 31(4): 394–400.
- De Zordo T, Fink C, Feuchtner G, Smekal V, Reindl M, Klauser AS. Real-time sonoelastography findings in healthy Achilles tendons. *Am J Roentgenol.* 2009 Aug; 193(2): W134–8.
- Dirrichs T, Quack V, Gatz M, Tingart M, Kuhl CK, Schradling S. Shear Wave Elastography (SWE) for the Evaluation of Patients with Tendinopathies. *Acad Radiol.* 2016 Oct; 23(10): 1204–13.
- Payne C, Webborn N, Watt P, Cercignani M. Poor reproducibility of compression elastography in the aquilles tendon: same day and consecutive day measurements. *Skeletal Radiol.* 2017 Jul; 46(7): 889–95.
- Itoh A, Ueno E, Tohno E, Kamma H, Takahashi H, Shiina T et al. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology.* 2006 May; 239(2): 341–50.

19. Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, Feuchtner G, Wick MC, Jaschke WR. Sonoelastography: Musculoskeletal applications. *Radiology*. 2014 Sep; 272(3): 622–33.
20. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009 Dec; 19(6): 790–802.
21. Kongsgaard M, Qvortrup K, Larsen J, Aagaard P, Doessing S, Hansen P et al. Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: effects of heavy slow resistance training. *Am J Sports Med*. 2010 Apr; 38(4): 749–56.
22. Lee WC, Ng GY, Zhang ZJ, Malliaras P, Masci L, FU SN. Changes on Tendon Stiffness and Clinical Outcomes in Athletes Are Associated With Patellar Tendinopathy After Eccentric Exercise. *Clin J Sport Med*. 2017 Dec 19.
23. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P et al. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scand J Med Sci Sport*. 2007 Feb; 17(1): 61–6.
24. 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. *J Biomech*. 2013 Jul; 46(11): 1893–9.
25. Lee KS. Musculoskeletal sonography of the tendon. *J Ultrasound Med*. 2012 Dec; 31(12): 1879–84.
26. Sharpe RE, Nazarian LN, Parker L, Rao VM, Levin DC. Dramatically increased musculoskeletal ultrasound utilization from 2000 to 2009, especially by podiatrists in private offices. *J Am Coll Radio*. 2012 Feb; 9(2): 141–6.
27. Ryu J, Jeong WK. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography. *Ultrasonography*. 2017 Jul; 36(3): 185–97.