



EFFECTIVIDAD DEL TRABAJO EXCÉNTRICO EN EL TRATAMIENTO DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN ADULTOS QUE REALIZAN DEPORTE

Autores: Josep Belmonte Cruz, Marc Coll Comas

Tutora: Ruth Galtés

Revisión bibliográfica en terapia manual

2014-2015

ÍNDICE

RESUMEN	pág. 8
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	pág. 10
2. TENDÓN ROTULIANO Y TENDINOPATÍA ROTULIANA	pág. 12
2.1. COMPOSICIÓN Y FISIOLOGÍA	pág. 13
2.2. BIOMECÁNICA	pág. 15
2.3. PATOMECÁNICA	pág. 17
2.4. DIAGNÓSTICO	pág. 19
2.5. TRABAJO EXCÉNTRICO	pág. 21
3. OBJETIVOS	pág. 25
4. METODOLOGÍA	pág. 26
5. RESULTADOS	pág. 30
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	pág. 52
7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	pág. 63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	pág. 64
ANEXOS	pág. 71
GLOSARIO	pág. 71
CUESTIONARIO VISA	pág. 72

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Modelos de regeneración	pág. 14
Figura 2. Curva tensión/deformación del tendón	pág. 16
Figura 3. Síntesis/degradación de colágeno	pág. 17
Figura 4. Máquina de Bromsman	pág. 24

ÍNDICE CUADROS

Cuadro 1.	Terminología asociada a la TR	pág. 12
Cuadro 2.	Hallazgos histopatológicos en el tendón rotuliano	pág. 14
Cuadro 3.	Etiología de la TR	pág. 18
Cuadro 4.	Escala Blazina	pág. 19
Cuadro 5.	Ejercicio excéntrico en tendinitis crónica	pág. 31
Cuadro 6.	Eficacia del squat y eficacia de la extensión de pierna en máquina isocinética en deportistas diagnosticados de TR	pág. 32
Cuadro 7.	Ejercicio excéntrico en plano declinado en sujetos diagnosticados de TR	pág. 33
Cuadro 8.	Comparación de trabajo excéntrico y trabajo concéntrico en deportistas diagnosticados de TR	pág. 34
Cuadro 9.	Comparación de trabajo excéntrico declinado y trabajo excéntrico standard en deportistas diagnosticados de TR	pág. 35
Cuadro 10.	Ejercicio excéntrico en deportistas diagnosticados de TR	pág. 36
Cuadro 11.	Comparación de la carga en el tendón rotuliano con trabajo excéntrico declinado y trabajo excéntrico estándar en deportistas sanos	pág. 37
Cuadro 12.	Comparación del trabajo excéntrico con la cirugía en pacientes diagnosticados de TR	pág. 38
Cuadro 13.	Evolución del trabajo excéntrico en el tratamiento de la TR	pág. 39

Cuadro 14.	Comparación de carga de diferentes tipos de squats en pacientes sanos	pág. 40
Cuadro 15.	Comparación de dos tipos de trabajo excéntrico en deportistas diagnosticados de TR	pág. 41
Cuadro 16.	Comparación de los efectos del trabajo excéntrico e isométrico en el volumen sanguíneo y <i>stiffness</i> del tendón rotuliano	pág. 42
Cuadro 17.	Comparación de tres tipos de tratamiento en TR. Corticoesteroides, ejercicio excéntrico en plano declinado y entrenamiento de resistencia a velocidad lenta con altas cargas	pág. 43
Cuadro 18.	Comparación de trabajo excéntrico con trabajo excéntrico más estiramientos en pacientes diagnosticados de TR	pág. 44
Cuadro 19.	Revisión sistemática del ejercicio excéntrico declinado	pág. 45
Cuadro 20.	Ejercicio excéntrico durante la época de competición en deportistas diagnosticados de TR	pág. 46
Cuadro 21.	Adaptación del tendón al tipo de carga y tipo de contracción en pacientes sanos	pág. 47
Cuadro 22.	Variaciones de la microcirculación y de la <i>stiffness</i> con trabajo excéntrico en pacientes sanos	pág. 48
Cuadro 23.	Programas representados en las tablas de resultados y discusión.	pág. 51

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.	Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendinopathy	pág. 28
Tabla 2.	Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendinopathy and eccentric exercise	pág. 28
Tabla 3.	Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendon properties	pág. 29
Tabla 4.	Resultados de búsqueda total	pág. 29
Tabla 5.	Incremento de la CSA según tratamiento	pág. 49
Tabla 6.	Cambios del volumen sanguíneo con trabajo excéntrico e isométrico	pág. 49
Tabla 7.	Cambios de la <i>stiffness</i> según tratamiento	pág. 50
Tabla 8.	Disminución del dolor por puntos en escala EVA según tratamiento	pág. 50
Tabla 9.	Cambios en la puntuación de la escala VISA según tratamiento	pág. 51
Tabla 10.	Incremento de la CSA del tendón rotuliano según intervención	pág. 53
Tabla 11.	Aumento del volumen sanguíneo del tendón rotuliano con programa excéntrico e isométrico	pág. 54
Tabla 12.	Niveles de saturación de oxígeno del trabajo excéntrico	pág. 54
Tabla 13.	Cambios de la <i>stiffness</i> del tendón rotuliano según intervención	pág. 55

Tabla 14. Disminución del dolor a las 12 semanas según intervención

pág. 57

Tabla 15. Aumento por puntos del valor funcional en la escala VISA a las 12 semanas según intervención

pág. 58

RESUMEN

Antecedentes: La aplicación de programas de trabajo excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana parece obtener buenos resultados.

Objetivo: Analizar la efectividad del trabajo excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana en adultos que realizan deporte.

Diseño: Revisión bibliográfica en terapia manual.

Metodología: Búsqueda electrónica de artículos publicados en revistas de alto impacto que incluyan estudios clínicos aleatorizados (ECA), estudios clínicos controlados (ECC) y revisiones sistemáticas (RS). Se obtuvieron 60 artículos que cumplieron con nuestros criterios de elegibilidad. Se analizaron aquellos que proporcionaran resultados clínicos del trabajo excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana.

Resultados: Se destinaron 18 artículos al análisis de resultados. En la aplicación de programa excéntrico, identificamos un aumento de la circulación sanguínea del tendón rotuliano. Aumento del área de sección transversal (CSA). Una disminución no significativa de la *stiffness* en el uso de plano declinado de 25° y plano horizontal en pacientes diagnosticados de tendinopatía rotuliana. Aumento de la *stiffness* mediante el uso de máquina de extensión como método de aplicación de trabajo excéntrico en pacientes sanos. Mayor reducción del dolor y mejora de la VISA en plano declinado de 25°. Se observa una tendencia positiva a mantener al deportista en su práctica de deporte habitual durante el tratamiento con trabajo excéntrico.

Conclusiones: El trabajo excéntrico demuestra ser una herramienta eficaz en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana en adultos deportistas. Se identifica el plano declinado de 25°, como excelente parámetro para la obtención de mayores beneficios en la reducción del dolor. Protocolos que engloban ejercicios más funcionales, consiguen resultados prometedores. Es necesaria futura investigación para determinar un protocolo de aplicación capaz de estandarizar criterios.

Palabras clave: *tendinopatía rotuliana, ejercicio excéntrico, propiedades tendón.*

ABSTRACT

Background: The use of eccentric training programs to treat patellar tendinopathy seems to have good results.

Aim: Analyzing the effectiveness of eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy in sportive adults.

Design: Systematic review in manual therapy

Methodology: Electronic search of published articles in high impact scientific journals including randomized controlled trials (RCTs), controlled clinical trials (CCTs) and systematic reviews. 60 articles were found keeping our eligibility criteria. Those which contribute with clinical results of eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy would be analyzed.

Results: 18 articles were used in the analysis of results. After eccentric exercise application, we identified a blood volume raise. Cross section area (CSA) rise. Not significant decrease of *stiffness* in the use of standard or 25° decline board, in subjects diagnosed with patellar tendinopathy. Increase of *stiffness* by using isotonic extension machine as a method to apply eccentric exercise in healthy subjects. Greater reduction of pain and improvement in VISA scale using 25° decline board. Keeping the athlete in his regular sport practice during the treatment of patellar tendinopathy showed positive results.

Conclusions: Eccentric exercise demonstrates to be an efficient tool in the treatment of patellar tendinopathy in adult athletes. 25° decline board, has been identified as an excellent parameter to get higher results in reduction of pain. Functional exercises protocols get favorable results. Further research is needed to establish an applicable protocol capable to standardize guideline.

Keywords: *patellar tendinopathy, eccentric exercise, tendon properties.*

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Los trastornos del tendón, hacen referencia a aquellas lesiones o alteraciones tisulares a nivel de los tendones ^[1]. Durante el ejercicio físico, se ejerce mucha fuerza y estrés sobre el tendón aumentando el riesgo de lesiones ^[2], siendo, en la mayoría de casos, difíciles de tratar ^[1,3,4]. La lesión del tendón no siempre se clasifica igual y por el mismo término. Podemos encontrar las siguientes descripciones bajo un punto de vista histopatológico: La tendinitis, la tendinosis ^[1,5,6], la paratenonitis y la paratenonitis asociada a una tendinosis ^[1,6].

A pesar de la ausencia de células pro-inflamatorias en la tendinopatía rotuliana, en adelante (TR) ^[7], mediadores de la inflamación parecen estar asociados a su pato-fisiología ^[8]. Rees J. (2006) menciona una teoría en el proceso de degeneración del tendón en el cual podrían interactuar diferentes causas: mecánica, vascular y neural ^[9]. La carga en exceso repetida del tendón, es generalmente aceptada como la causa principal de la patología ^[1,6,8,10,11,12,13]. Sin embargo, existen diferentes factores que pueden predisponer al deportista¹ a padecer la lesión, dividiéndolos en extrínsecos e intrínsecos ^[1,6,8,10,11,12,13,14].

El diagnóstico de la TR es muy frecuente en el mundo del deporte, ya sea de tipo recreacional o de élite ^[6,8,10]. La prevalencia de ésta, se encuentra entre el 40-50% en deportes como el vóleybol ^[3], el baloncesto, el fútbol o el atletismo ^[3]. Para el diagnóstico clínico de la TR se debe valorar el dolor, hinchazón e impotencia funcional ^[10], apoyándose en tests subjetivos como *The Victorian Institute of Sport Assessment*, escala (VISA) ^[6,8,13,15,16,17] y pudiendo confirmar el diagnóstico, con técnicas como la resonancia magnética, en adelante (RM) o ecografía ^[4,5,6,8,10].

El ejercicio excéntrico es uno de los tratamientos de elección en TR ^[4,18,19,20], siendo descrito por primera vez en 1986 por Curwin y Stanish ^[3]. Hasta el momento, los estudios indican que el trabajo excéntrico en plano declinado debe ser incluido en la pauta de ejercicios excéntricos por su buen resultado ^[4,19].

La presente revisión bibliográfica pretende reunir, mediante el análisis de diversos artículos científicos, la información necesaria para ofrecer al lector, de manera cronológica, la transformación que ha experimentado el trabajo excéntrico en el tratamiento de la TR.

A su vez, se clarifican conceptos, actualmente controvertidos, con el propósito de situar al terapeuta dentro de los márgenes de la lesión y ser capaces de identificar aquellas características clave que envuelven la patología. Por otro lado, se muestra el nivel de evidencia científica existente del tratamiento de la TR con trabajo excéntrico, exponiendo así, los diferentes programas descritos por los diferentes autores.

Para ello, se ha llevado a cabo el cumplimiento de los objetivos en los que se basa la siguiente revisión sistemática.

2. TENDÓN ROTULIANO Y TENDINOPATÍA ROTULIANA

La TR es una patología muy frecuente en deportes que requieren una gran velocidad de contracción y potencia de la musculatura extensora de la rodilla [6,8,10,21]. Por ello, la TR destaca en disciplinas donde interviene el salto, como el atletismo [21], el baloncesto, el vóleybol [6,10,21] o el fútbol [21]. La prevalencia de la TR es del 32% en el baloncesto, 45% en el voleibol [6,7,18] y según otros autores, éste porcentaje aumenta en ambos deportes hasta el 50%. En deportistas de tipo recreacional, puede alcanzar hasta el 14% [6]. El tendón rotuliano se lesiona durante la práctica deportiva, ya sea por sobrecarga repetida del mecanismo extensor [1,4,5,6,8,10,11,12,13,14,21], o por compresión isquémica producida en el polo inferior de la rótula, [1,5,6,8,10,12,22] (zona más habitual de producirse), concretamente en la zona posterior profunda [1,5,8,10,12,22].

Para el entendimiento conceptual de la patología, hemos considerado oportuno realizar una descripción del uso de los diferentes términos que abarca la lesión. Varios estudios histopatológicos han demostrado una presencia más bien degenerativa del tendón más que inflamatoria [8]. Es por ello que el sufijo *-itis*, el cual implica el concepto de inflamación, es inapropiado por ser un hallazgo atípico [1,4,6,8,11,12]. Para describir la presentación histopatológica de la lesión, es preferible utilizar el término “tendinosis” [1,4,6,8], el cual designa una degeneración del tendón [1].

Para clarificar la terminología que envuelve al síndrome, se ha propuesto el uso clínico del término TR, el cual describe un uso excesivo del tendón rotuliano [4,8] y/o dolencias del tendón como la paratenonitis, tendinosis, tendinitis [1,6] y paratenonitis asociada a una tendinosis [1,6] (Cuadro 1).

Cuadro 1. Terminología asociada a la TR. Elaboración propia a partir de Sanchís (2014) [1]

Paratenonitis	Inflamación de las capas exteriores del tendón
Tendinosis	Degeneración del tendón
Paratenonitis con tendinosis	Degeneración del tendón asociada a una paratenonitis
Tendinitis	Respuesta inflamatoria dentro del tendón

2.1. COMPOSICIÓN Y FISIOLÓGÍA DEL TENDÓN

El tendón es el único tejido conectivo que transmite fuerzas del músculo al hueso ^[23]. Estructuralmente, el tendón está compuesto por un componente celular, tenocitos y fibroblastos ^[1,11,24,25], encargados de la síntesis de colágeno ^[6,11,23,26], entrelazados mediante una larga matriz extracelular, en adelante (ME) ^[11,24], la cual es protagonista de la integridad mecánica y el crecimiento del tendón ^[11,26]. El componente mayoritario de la ME es el colágeno tipo I y la elastina, conformando entre el 65-80% y el 1-2 % de la masa seca del tendón, respectivamente ^[11,24,26]. Ambos se encuentran embebidos en una matriz formada por proteoglicanos y agua ^[5,11,23], ejerciendo la función de organización y control del colágeno. Así mismos, actúan de barrera ante algunas sustancias, facilitan la nutrición, soportan las propiedades mecánicas del tendón durante la compresión ^[5] y, además, son responsables de sus propiedades visco-elásticas ^[23]. En el tendón se encuentran diferentes tipos de colágeno. El colágeno tipo I es el más abundante, llegando al 95% ^[1,11,26], seguido del colágeno tipo III, el cual alcanza aproximadamente el 3-5% ^[23,26]. Sin embargo, el tendón incluye también colágeno de tipo V, VI, XII y XV ^[23]. El metabolismo del colágeno es lento, teniendo que haber un equilibrio entre el proceso de síntesis de estas proteínas y el proceso de destrucción ^[1,11]. Dicho metabolismo, se ralentiza aún más ante lesión del tendón, dificultando así la regeneración ^[11,26]. Las fibras de colágeno se disponen básicamente en dirección longitudinal a las fuerzas transmitidas a éstas durante la contracción muscular ^[23,24], aunque la exploración mediante microscopio electrónico, ha demostrado hallar fibras en dirección transversal y horizontal formando espirales y trenzas ^[11,26].

Existe una teoría en el proceso de degeneración del tendón en la cual podrían interactuar diferentes causas provocando dolor: mecánica, vascular y neural ^[9].

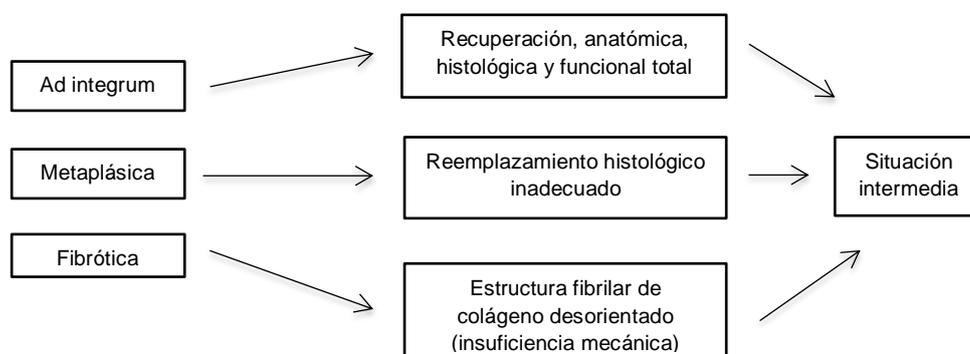
La valoración histológica de la TR ha descubierto algunos cambios característicos ^[5] (Cuadro 2), mediados por los tenocitos ^[11,14] o células madre ^[14] como respuesta de reparación, con la intención de mantener un equilibrio entre la síntesis y la degradación de la ME ^[11,14,23].

Cuadro 2. Hallazgos histopatológicos en el tendón rotuliano. Elaboración propia a partir de Warden et al. (2003), Fernández et al. (2010), Jurado (2014), Almekinders et al. (2003), Heinemeier et al. (2011), Kannus (2000), Hernández et al. (2009), Khan et al. (2003) y Araya et al. (2012).

TENDÓN ROTULIANO SANO	TENDÓN ROTULIANO LESIONADO
<ul style="list-style-type: none"> • Blanco y brillante ^[8,11] • Estructura fibro-elástica ^[11] • Fibroso ^[8] • Organización paralela de las fibras ^[8,14,24] • Organización transversal y horizontal ^[11,26] 	<ul style="list-style-type: none"> • Degeneración mucoide y discontinuidad ^[5,8,11,14,15,25] • Color amarillo – marrón zona posteroinferior rótula ^[5,8,10,25] • Tejido reblandecido ^[8,15] • Incremento de la sustancia fundamental ^[11,15] • Neovascularización ^[11,15,25] • Ausencia de células inflamatorias ^[4,11,14] • Pérdida del espesor ^[11] • Hiper celularidad ^[11]

Nota: Estos cambios representan el intento de curación ^[5,14]

Siempre que el tendón sufre una agresión, se pone en marcha un proceso regenerativo fundamentado en la activación celular ^[14]. Este proceso de estimulación celular puede producir una regeneración normal o ser defectuoso en calidad/cantidad y, en consecuencia, generar la formación de variantes celulares que alteren o modifiquen la histología tendinosa (Figura 1) ^[23].



Nota: En la situación intermedia se pueden encontrar implicados los 3 procesos.

Figura 1. Modelos de regeneración. Elaboración propia a partir de Fernández et al. (2010). ^[14]

La activación de los tenocitos y células madre pone en marcha la producción de colágeno, siendo de tipo III en las fases más tempranas de la reparación ^[14,23], que posteriormente, se convertirá en colágeno tipo I maduro constitutivo del tendón normal ^[8], orientándose en el espacio siguiendo las líneas de carga ^[14].

A pesar de la ausencia de células pro-inflamatorias en la TR ^[7,8,24,27], mediadores de la inflamación, parecen estar asociados a su pato-fisiología ^[8]. Pacientes con TR crónica muestran altas concentraciones del neurotransmisor glutamato⁴, sin evidencia estadística significativa de un incremento de prostaglandinas⁵ ^[11]. En las biopsias no se encuentra inflamación pero sí una reacción inmune por el receptor glutamato en asociación con estructuras nerviosas en los tendones. La neovascularización se acompaña de una neoinervación del tendón con presencia masiva de glutamato y sus receptores (NMDA) con un desequilibrio entre la sustancia P y los Opioides endógenos, siendo origen del dolor en la TR ^[1,2].

2.2. BIOMECÁNICA DEL TENDÓN ROTULIANO

El tendón es capaz de transmitir fuerzas generadas por el músculo hacia el hueso ^[8,11], así como transmitir la carga mecánica y utilizar la energía elástica durante el ejercicio ^[28]. Además, actúa como amortiguador absorbiendo fuerzas externas para limitar el daño muscular ^[8,11]. A su vez, el tendón es capaz de soportar fuerzas mecánicas altas, es flexible y tiene un nivel óptimo de elasticidad para realizar su función ^[11]. Al aplicar una carga sobre el tendón, éste se deforma ^[11,19,29]. El módulo de Young³ muestra el comportamiento del tendón bajo la aplicación de una fuerza (Figura 2). En reposo, las fibras de colágeno y fibrillas muestran una configuración rizada ^[11,26]. La porción cóncava inicial de la curva, donde el tendón se distiende hasta el 2%, representa aplanamiento del patrón ondulado de reposo. Más allá de ese punto, el tendón se deforma en una forma lineal y las fibras se vuelven más paralelas ^[1,11,29]. Si el estiramiento se mantiene por debajo del 4%, el tendón se comporta de manera elástica y vuelve a su longitud original de descarga.

CURVA TENSIÓN/DEFORMACIÓN DEL TENDÓN

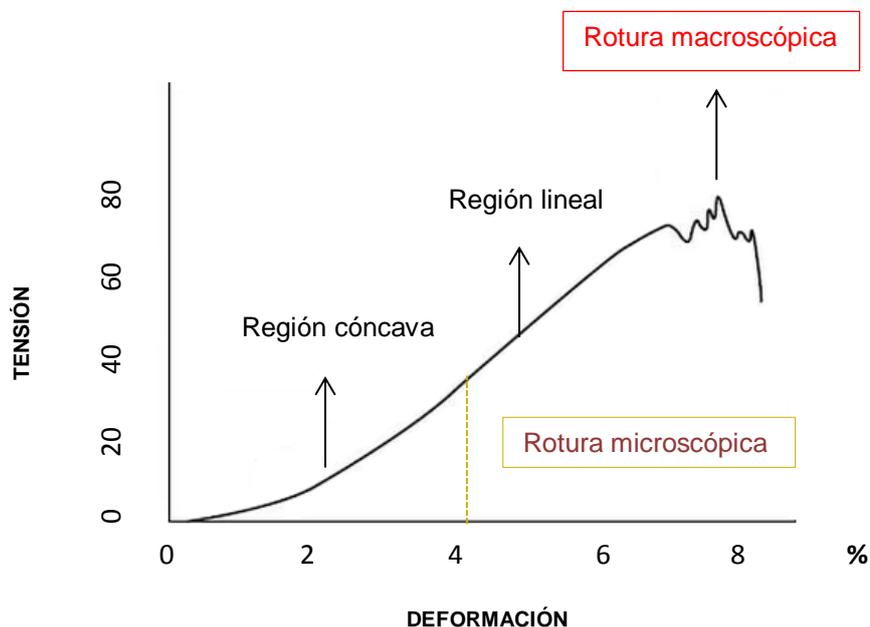


Figura 2. Curva tensión/deformación del tendón. Elaboración propia a partir de Frohm (2006) ^[10], Sharma y Maffulli (2006) ^[11]

Si la tensión sobrepasa ese límite, se observan roturas parciales fibrilares microscópicas, y tensiones superiores al 8-10%, producen roturas macroscópicas ^[8,10,15]. El mayor riesgo de ruptura del tendón se experimenta durante la aplicación de una carga rápida en sentido oblicuo, mientras que las mayores fuerzas de tensión se observan en el trabajo excéntrico ^[10,15]. Las adaptaciones del tendón sometido a cargas mecánicas generan cambios en las propiedades intrínsecas y funcionales ^[28].

La resistencia a la tracción de los tendones está relacionada con el espesor, diámetro y cantidad de colágeno. Un tendón con una superficie de 1cm² es capaz de soportar de 500 a 1000 kg ^[15].

La fuerza ejercida sobre el tendón rotuliano durante la marcha es de 0,5 KN, 9 KN al correr ^[10], 2,24 KN al subir escaleras ^[13], y entre 12,2 y 14,5 KN durante competición de levantamiento de peso (halterofilia) ^[10,13]. Durante el salto y recepción, la fuerza ejercida sobre el tendón se estimó en 3,2 KN ^[10].

2.3. PATOMECÁNICA

Blazina et al. (1973). describió la TR con el término “Jumper’s knee”, debido a la elevada frecuencia que se produce esta patología en deportes de salto ^[5], pero actualmente no es aceptado, ya que no solo se produce en deportistas sino que también en personas sedentarias ^[8]. Como se ha descrito anteriormente, esta patología se genera por un exceso de fuerzas en el tendón, ya sean de compresión, de rozamiento o fricción, de tracción o por diferentes estímulos repetidos de leve intensidad que generaran una sobrecarga ^[1,6].

El mecanismo preciso con el que la TR se desarrolla es desconocido o poco clara ^[8,11], y no está descrito el tipo de carga para mantener las propiedades biomecánicas del tendón en equilibrio ^[1,30]. El exceso de carga durante un trabajo físico de alta intensidad se considera como el principal estímulo patológico para la degeneración. Si a ello se le suma la presencia de factores intrínsecos, el riesgo de lesión aumenta ^[11]. En el estudio Magnusson et al. (2010) ^[31] propusieron como posible causa de la lesión la fatiga a la que se expone al tendón. Cuando se aplica una carga, el tendón sintetiza colágeno en menor medida que lo destruye durante un periodo de 24-36 horas (Figura 3). Por lo tanto, cargas repetidas del tendón sin descansos durante periodos donde predomina la degradación de colágeno, crea un estado de catabolismo permanente.

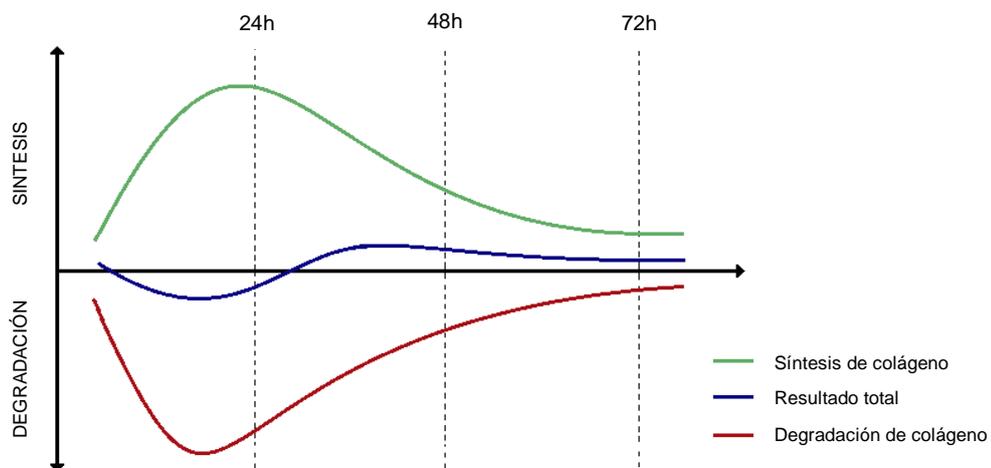


Figura 3. Síntesis/degradación de colágeno. Elaboración propia a partir de Magnusson et al. (2010) ^[31]

Otros autores han descrito diferentes situaciones que predisponen al paciente a padecer TR. Se clasifican en factores intrínsecos y extrínsecos (Cuadro 3) ^[14].

Cuadro 3. Etiología de la TR. Elaboración propia a partir de Sanchis (2014), Almekinders et al. (2003), Fernández et al. (2010), Warden et al. (2003), Sharma et al. (2006), Cook et al. (2014), Rodríguez (2013), Murtaugh et al. (2013), Magnusson et al. (2010) y Jurado (2014).

FACTORES INTRÍNSECOS DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA	FACTORES EXTÍNSECOS DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA
<p>DESALINEACIONES ^[1,12,14]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hiperpronación del pie ^[1,5,6,14] • Pie cavo ^[1,6] • Antepié varo ^[1] valgo ^[1,6] • Tibia vara ^[1,5,6] • Genu varo/valgo ^[1,6] • Anteversión del cuello femoral ^[1,5,6] • Rótula alta ^[5] • Angulo Q aumentado ^[1,5] • Laxitud anormal de la rótula ^[5] • Laxitud anormal del pie medio ^[6] • Torsión tibial ^[6] <p>OTROS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isquemia producida por la compresión del polo inferior de la rótula ^[1,6] • Dismetría en la longitud de miembros inferiores > a 1,5 cm ^[6] en deportistas de élite, corrección a los 0,5 cm • Altura y peso ^[1,6,13,14] • Factores genéticos ^[1,18] • Obesidad, diabetes, hipertensión ^[18] • Falta de flexibilidad del cuádriceps y isquiotibiales ^[1,12] • Desequilibrios musculares ^[1,6,8] • Hipotonía ^[12] del vasto interno abductores de cadera y rotadores externos ^[5] • Hipertonía ^[12] como el tríceps sural ^[6], isquiotibiales y tensor de la fascia lata ^[12] • Aumento de la temperatura local post-actividad > 42° (daño celular) ^[20] 	<p>CARGA EXCESIVA ^[1,6,8,11,12,13]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de movimiento ^[1,12] • Velocidad de movimiento ^[1,13] • Número de repeticiones ^[1,5,6] • Superficie, con mayor riesgo en las superficies duras, con poca absorción del impacto del pie ^[6,13,14] • Tipo de zapatillas deportivas ^[1,6,14] <p>*ERRORES DE ENTRENAMIENTO ^[1,8,12,13,14]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Largas distancias ^[1] • Progresiones rápidas ^[1,13] • Intensidades altas ^[1,5] • Hill Work ^[1] • Técnica deficiente ^[1,12] • Descanso insuficiente ^[1,6] • Cambios de superficie ^[1] <p>* El 60-80% de las tendinopatias se producen por una mala planificación del entrenamiento ^[1]</p> <p>OTROS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factores medioambientales con cambios de temperatura ^[1,6].

Nota: Se pueden hallar ambos factores simultáneamente.

2.4. DIAGNÓSTICO DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA

La combinación de dolor, hinchazón e impotencia funcional indican el diagnóstico clínico de la TR ^[10]. La anomalía patológica del tendón rotuliano se localiza normalmente en la unión osteotendinosa, en adelante (UOT) ^[5], que está compuesta por 4 zonas: tendón, fibrocartílago, fibrocartílago calcificado y hueso. La especialización de dicha estructura previene la lesión del tendón ^[11]. Según Warden et al. (2003), el hallazgo más importante dentro del diagnóstico de la TR es encontrar el tendón blando ^[8]. Sin embargo, Fromh (2006) revela que dicho hallazgo puede ser normal en deportistas ^[10]. La localización más común de la TR es en el polo inferior de la rótula ^[1,5,8,10,12], aun así, ésta depende de los grados de flexión de la rodilla. Se debe palpar en extensión total y con la musculatura relajada. Se aplica presión sobre el polo superior de la rótula para descubrir el polo inferior, posibilitando la palpación del origen del tendón ^[8]. El examen clínico debe incluir: evaluación de la inflamación, asimetría, eritema del tendón, rango de movimiento, palpación, maniobras de carga y simulación del dolor ^[4]. La escala de Blazina et al. (1973) ^[32] es la más utilizada como clasificación del diagnóstico clínico (Cuadro 4). En ella se describen los diferentes criterios de evolución del dolor en relación al grado de lesión.

Cuadro 4. Escala Blazina. Elaboración propia a partir de Blazina et al. (1973) ^[32]

Grado 1	El dolor solo aparece después de la actividad deportiva y no influye en el rendimiento del deportista
Grado 2	Presencia de dolor en el inicio de la actividad deportiva pero en el calentamiento desaparece y tampoco afecta de forma significativa al rendimiento deportivo
Grado 3	El dolor está presente durante y después de la actividad física y es posible que el deportista se vea obligado a dejar su actividad deportiva

Para valorar el grado de severidad de la TR, se utiliza un test ampliamente validado y reconocido, *The Victorian Institute of Sport Assessment*, escala (VISA-P). La máxima puntuación es 100, presentando funcionalidad

completa y ausencia de sintomatología ^[6,8,13,15,16,17]. Recientemente ha sido traducida al español ([anexos](#)) ^[33].

Para la reproducción de la sintomatología de la TR, se utiliza el *Squat test* en plano declinado de 30°, concentrando más carga en el tendón que si se hiciera en un plano horizontal. Se obtiene un resultado objetivo mediante un número de *squats* realizados sin dolor y, seguidamente, se valora con la Escala Visual Analógica, en adelante (EVA), para cuantificar el dolor ^[5,6,8]. Ante el diagnóstico de TR, se debe tener en cuenta también el factor psicológico ^[10], así como realizar un diagnóstico diferencial donde se valore: síndrome femoropatelar, fibrosis quística, rotura o desgarro meniscal y degeneración del cartílago, ya que puede llevar al terapeuta a hacer un mal diagnóstico de la lesión ^[8].

El diagnóstico de imagen puede ser utilizado para confirmar el diagnóstico clínico con técnicas como la resonancia magnética, en adelante (RM) o ecografía, siendo éstas las pruebas complementarias más útiles ^[4,5,6,8,10,13]. Sin embargo, ecografías y RM del tendón rotuliano han mostrado ser positivas en tendones asintomáticos en atletas ^[6,8,16]. La ecografía muestra una sensibilidad del 58% y una especificidad del 94%. En la RM, la sensibilidad alcanza el 78% y la especificidad el 86% ^[8]. Es, por lo tanto, un error que dichas pruebas dirijan la progresión en la rehabilitación de la TR, ya que se ha observado que los cambios de imagen son independientes, en muchos casos, a la clínica ^[34]. No obstante, en el estudio de Cook et al. (2000) identificaron un riesgo 4.2 veces superior de desarrollar TR en tendones asintomáticos con diagnóstico de imagen anormal que aquellos con imagen normal. Por lo tanto, se debe tener presente que la tendinosis asintomática puede llevar a una ruptura espontánea ^[8]. El diagnóstico clínico y el diagnóstico de imagen deben complementarse y ser utilizados con criterio.

2.5. TRABAJO EXCÉNTRICO EN LA TENDINOPATÍA ROTULIANA

La carga en exceso repetida del tendón es generalmente aceptada como la causa principal de la patología ^[10]. No obstante, la carga mecánica en el tendón es esencial para preservar sus propiedades, así como su función ^[30]. A pesar del desconocimiento de la óptima magnitud y características de la carga para mantener las propiedades biomecánicas del tendón en equilibrio, el trabajo excéntrico es el elemento más importante ^[7,21].

Fredberg et al. (2002) ^[35] estableció una teoría patológica global, en la que refiere que el ejercicio no daña el tendón, sino que lo refuerza estimulando la producción de colágeno. Prevalece, así, el incremento en la síntesis, más que la degradación de éste.

Stanish et al. (1989) ^[36] sugirió que el trabajo excéntrico expone al tendón a mayor carga que el trabajo concéntrico. Alfredson et al. (1998) ^[37], originalmente, hipotetizó que el trabajo excéntrico podría causar cambios en el metabolismo del tendón. Más tarde, descubrió que había una interrupción del flujo sanguíneo en la red neovascular del tendón durante el ejercicio excéntrico. Sin embargo, en el estudio de Kubo et al. (2009) ^[38] hallaron un aumento de volumen sanguíneo después de realizar ejercicio excéntrico durante 12 semanas/4 días por semana. Además, Danielson et al. (2008) ^[39] descubrieron la inervación perivascular del sistema nervioso simpático (SNS), previamente descrito por otros autores como Docheva et al. (2006) ^[40], a nivel del tejido paratendinoso dorsal del tendón rotuliano. Dicho descubrimiento relacionó la inervación del tendón rotuliano a la afectación de los vasos sanguíneos de la zona, los cuales muestran un flujo sanguíneo patológico alto en tendinosis a través de Ecografía Doppler ^[19].

Clínicamente, los mayores beneficios en rehabilitación de la TR han sido descritos mediante el entrenamiento del trabajo excéntrico en un plano declinado de 25°, en comparación con un plano horizontal ^[13,15,30]. Según Purdman et al. (2004) ^[41], el uso del plano declinado a 25° reduce la tensión de la musculatura de la pierna, permitiendo un mejor aislamiento del mecanismo extensor, aumentando la carga y la tensión del tendón rotuliano en el *squat* durante la fase excéntrica. Este hallazgo,

probablemente explica la eficacia clínica del *squat* excéntrico en la gestión de rehabilitación de la TR ^[14,15,16,29].

Kongsgaard et al. (2006) ^[30] confirmó ésta hipótesis mediante ecografía, a través de la medición del tendón en una posición de carga estática en *squat* en un plano declinado donde se evidenció un aumento de deformación. Se comprobó también un aumento del momento de fuerza.

En un estudio realizado por Zwerver et al. (2007) ^[42], se analizaron las diferencias de carga en el tendón rotuliano en diferentes planos declinados realizando *squats* unilaterales (0°-35°), mostrando evidencia de mayores tensiones en planos declinados por encima de los 15° apoyando la premisa de Purdam et al. (2004). La velocidad angular ha demostrado ser otro método de progresión en el aumento de aplicación de tensión en el aparato extensor de la rodilla durante el trabajo excéntrico ^[43].

Hasta el momento, se han descrito varios métodos de aplicación de trabajo excéntrico, obteniendo resultados positivos. Todos ellos se han utilizado como base para futuros estudios con el fin de evaluar los resultados de dichos ejercicios. Los programas descritos hasta la fecha son:

- **Propuesta por Stanish y Curwin (1986)** ^[44]

Esta propuesta consiste en una combinación de estiramientos al inicio y al final de la sesión, ejercicio excéntrico y hielo.

Se realiza un estiramiento estático mantenido de 15 a 30 segundos y se repite de 3 a 5 veces.

El trabajo excéntrico se compone de 3 series de 10 repeticiones con una progresión de la velocidad. En el primer y segundo día lenta, tercer y quinto día moderada y del sexto al séptimo día, rápida. Se incrementa la carga externa desde el séptimo día y, seguidamente, repetir el ciclo.

A continuación de esta fase, se repetirán los estiramientos con el mismo protocolo anterior. Al finalizar las fases de ejercicio, se aplicará hielo o masaje con este en el área del dolor entre 5 y 10 minutos

- **Propuesta por Alfredson et al. (1998)**^[37]

El programa propuesto por Alfredson, aún y habiendo sido diseñado para el tratamiento de la tendinopatía aquilea, se ha adaptado como método de aplicación en TR. Trabajo excéntrico 2 veces/día, los 7 días de la semana durante 12 semanas. Durante el periodo de rehabilitación, la actividad deportiva se permite siempre y cuando no haya ausencia de dolor. Se permite una leve molestia. Cada ejercicio consiste en 3 series de 15 repeticiones. Se alerta al paciente que el trabajo puede provocar agujetas durante las 2 primeras semanas.

- **Propuesta por Purdman et al. (2004)**^[41]

El programa propuesto por Purdman mantenía las pautas del método de Alfredson, con la rutina de 3 series i 15 repeticiones de squats 2 veces/día, los 7 días a la semana durante 12 semanas.

En este programa se incluiría un plano declinado de 25°. En su estudio se realizaba una flexión de rodilla a velocidad lenta, permitiéndose el dolor o molestia. Si desaparecía el dolor, se incrementaba la carga. Durante las 8 semanas iniciales se apartó a los voluntarios de su deporte de competición. Pasadas 4 semanas des del inicio, se permitió realizar actividad deportiva como: footing en superficie plana, bicicleta y actividad acuática, siempre y cuando éstas no reprodujesen dolor agudo. Después de las 8 semanas se permitió volver a su deporte habitual.

- **Propuesta de Frohm et al. (2006)**^[10]

Bromsman: La máquina de Bromsman (Figura 4) ha sido detalladamente descrita por Frohm et al. (2005). Brevemente, consiste en el uso de una barra metálica conectada por sus extremos a dos ejes que posibilitan la modificación de la altura de la barra, conectados a un motor hidráulico que ofrece resistencia al movimiento de descenso. La fase de ascenso es provocada por la máquina y no supone mantener la carga en fase concéntrica. La resistencia que ofrece la barra alcanza como máximo los 550kg a una velocidad de 0.11m/s, lo cual implica aproximadamente 5s para la fase de descenso.

La barra descansa por detrás del cuello, sobre los hombros.



Figura 4. Máquina de Broomsman. Fotografía extraída de internet.

3. OBJETIVOS

En este apartado, se especifican los objetivos que nos planteamos para realizar una revisión exhaustiva del trabajo excéntrico en el tratamiento de la TR.

General

Analizar la efectividad del trabajo excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana en adultos que realizan deporte, a través de una revisión bibliográfica.

Específicos

Identificar el trabajo excéntrico como elemento terapéutico y determinar sus efectos.

Proponer parámetros que se deben incluir en el trabajo excéntrico para obtener mayores beneficios.

Juzgar si el deportista debe ser apartado de su práctica deportiva habitual durante el proceso de rehabilitación mediante trabajo excéntrico.

4. METODOLOGÍA

Para la realización de la presente revisión bibliográfica, se desarrolló una estrategia de búsqueda en la cual se incluyeron aquellos artículos que cumplieran con nuestros criterios de elegibilidad, además de proporcionarnos información útil para estructurar una base sólida con la que poder desarrollar nuestra hipótesis. No descartamos aquellos artículos que se alejaran de nuestra premisa, incluyendo pues los que revocan la eficacia del trabajo excéntrico en TR.

Se realizó una búsqueda electrónica en las siguientes bases de datos [tabla 1, 2, 3]: “Clinics in Sports Medicine”, “Pubmed”, “Science Direct”, “Research Gate” y “PEDro”. La búsqueda se realizó en el tiempo comprendido entre octubre de 2014 - febrero 2015, en la Biblioteca del Campus Universitario de Manresa (BCUM).

Las palabras clave utilizadas en nuestra búsqueda fueron las siguientes: *patellar tendinopathy*, *eccentric exercise*, *tendon properties*. No se hizo uso de palabras clave en español. Todas las búsquedas fueron de carácter simple a excepción de una las búsquedas en “Science Direct” (Tabla 1) donde se utilizaron los filtros patellar tendón y patellar tendinopathy. Se utilizó únicamente uno de los operadores booleanos, **AND**, realizando las siguientes combinaciones: *patellar tendinopathy*, *patellar tendinopathy and eccentric exercise*, *tendon properties*.

Inicialmente, se pre-seleccionaron todos los artículos que podían ser potencialmente útiles para la realización del trabajo mediante la lectura del título, el cual debía ser claro en concepto y hacer mención a uno de los siguientes ítems: tendón, trabajo excéntrico del tendón rotuliano y/o TR. A continuación, la lectura del resumen debía proporcionar información relevante para la construcción del marco teórico y/o el análisis de los resultados. En un principio, no descartamos ningún artículo por año de publicación. Tampoco descartamos aquellos que negaran la evidencia del tratamiento de la TR mediante trabajo excéntrico. Una vez seleccionados los artículos más relevantes, se realizó la lectura exhaustiva de éstos. Se descartaron aquellos que no incluyeran nuestros criterios de selección.

Se destinaron al análisis de los resultados aquellos artículos que compararan diferentes programas de trabajo excéntrico, que compararan éste con uno o más tratamientos o revisiones sistemáticas de la efectividad del trabajo excéntrico. Sin embargo, algunos de los artículos utilizados en los resultados han sido citados en el marco teórico, dada su relevancia. Para el marco teórico se han utilizado aquellos artículos que describen la biología, la fisiología y la mecánica del tendón y/o tendón rotuliano, así como los que describen el proceso patológico de éste.

Además de los buscadores mencionados con anterioridad, se realizó una búsqueda en diferentes revistas de deporte: Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (RIM) y Revista Archivos de Medicina del Deporte (AMD). Para ello, no se utilizaron los términos de búsqueda mencionados. Se hizo una búsqueda aleatoria de aquellos artículos que mencionaran la TR en relación al deporte. 5 artículos han sido utilizados en la introducción.

Criterios de selección

Se seleccionaron los artículos de la búsqueda preliminar a través del título y lectura del resumen. Estos fueron evaluados según los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Estudios que valoran parámetros biomecánicos, fisiológicos y/o biológicos del tendón rotuliano.
- Estudios que comparan el trabajo excéntrico en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana con uno o más tratamientos.
- Estudios que comparan diferentes programas de trabajo excéntrico para el tratamiento de la tendinopatía rotuliana.
- Revisiones sistemáticas de estudios que comparan el trabajo excéntrico con otros tratamientos.

Criterios de exclusión

- Estudios con (n) inferiores a 10.

A continuación, se describe el procedimiento empleado en la búsqueda:

Tabla 1. Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendinopathy

Buscador	Artículos totales de búsqueda	Selección por título y abstract	Selección según criterios de selección	Artículos para resultados	Artículos para introducción
Clinics in Sports Medicine	185	10	7	0	7
Pubmed (free full text)	137	25	18	4	14
Science Direct (sin filtro)	1502	13	10	3	7
Science Direct (con filtro)	75	3	1	0	1
PEDro	23	5	4	4	0
Research Gate	461	13	4	2	2

Nota: La búsqueda se realiza por el orden mostrado en la tabla. Se descartan aquellos artículos que se repiten consecutivamente en los diferentes buscadores. No se contemplan los artículos de RIM y AMD.

Tabla 2. Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendinopathy and eccentric exercise

Buscador	Artículos totales de búsqueda	Selección por título y abstract	Selección según criterios de selección	Artículos para resultados	Artículos para introducción
Clinics in Sports Medicine	0	0	0	0	0
Pubmed	65	14	2	2	0
Science Direct (sin filtro)	507	26	1	0	1
PEDro	11	5	0	0	0

Nota: La búsqueda se realiza por el orden mostrado en la tabla. Se descartan aquellos artículos que se repiten consecutivamente en los diferentes buscadores. No se contemplan los artículos de RIM y AMD.

Tabla 3. Resultados de búsqueda utilizando como palabras clave: patellar tendón properties

Buscador	Artículos totales de búsqueda	Selección por título y abstract	Selección según criterios de selección	Artículos para resultados	Artículos para introducción
Clinics in Sports Medicine	56	3	0	0	0
Pubmed	488	16	10	3	6
Science Direct	132	2	1	0	1
PEDro	2	1	0	0	0

Nota: La búsqueda se realiza por el orden mostrado en la tabla. Se descartan aquellos artículos que se repiten consecutivamente en los diferentes buscadores. No se contemplan los artículos de RIM y AMD.

En la siguiente tabla (Tabla 4), se observan los resultados totales de búsqueda en cada base de datos.

Tabla 4. Resultados de búsqueda total

Buscador	Artículos totales de búsqueda	Selección por título y abstract	Selección según criterios de selección	Artículos para resultados	Artículos para introducción
Clinics in Sports Medicine	241	13	7	0	7
Pubmed	690	55	30	9	21
Science Direct	2216	44	13	3	10
PEDro	36	11	4	4	0
Research Gate	461	13	4	2	2
TOTAL	3644	136	58	18	40

5. RESULTADOS

La elaboración de los resultados se ha llevado a cabo con el análisis de 18 artículos. Los cuadros expuestos a continuación se han ordenado por orden cronológico. Los estudios escogidos comparan métodos de entreno de trabajo excéntrico con otros tratamientos, valoran parámetros fisiológicos, biomecánicos o biológicos y estudian la efectividad del trabajo excéntrico en el tratamiento de la TR. Además, se ha añadido una revisión sistemática para conocer los beneficios o desventajas del entrenamiento excéntrico sin retirar al deportista del periodo de competición.

Cuadro 5. Ejercicio excéntrico en tendinitis crónica e sujetos diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	5 escala Pedro
<p>Stanish, Rubinovich, Curwin. (1986) ^[44]</p>	<p>Demostrar la eficacia del trabajo excéntrico</p>	<p>Estudio prospectivo</p>	<p>200 pacientes diagnosticados de TR con un mínimo de 18 meses de evolución</p>	<p>Estiramiento estático de 15 a 30 segundos. Repetir de 3 a 5 veces</p> <p>Ejercicio excéntrico, 3 series de 10 repeticiones. Progresión en velocidad e incremento de carga a partir del día 7.</p> <p>Estiramiento, repetición fase 1. Aplicación de hielo o masaje con hielo en el área de dolor entre 5-10 min.</p> <p>Se realizó una vez al día durante un periodo superior a las 6 semanas.</p>	<p>No especificado</p>	<p>En el seguimiento de 16 meses, el 44% de los pacientes obtuvieron completa liberación del dolor y retorno de la máxima funcionalidad. Otro 43% de los pacientes mejoró considerablemente la sintomatología. Un 9% no obtuvo cambios significativos y un 2% empeoró.</p>	

Cuadro 6. Eficacia del squat y eficacia de la extensión de pierna en máquina isocinética en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Canell, Taunton, Clement, Smith, Khan. (2001) ^[45]</p>	<p>Comparar el efecto terapéutico de dos protocolos diferentes en atletas diagnosticados de TR</p>	<p>Estudio piloto</p>	<p>19 atletas (13 hombres, 6 mujeres) diagnosticados de TR con una evolución de más de 4 semanas</p>	<p>Aleatoriamente se dividió a los participantes en 2 grupos. Un grupo (n=10) realizó 3 series de 20 <i>squats</i>, una vez al día durante 5 días/semana. Se permitía cierta molestia o dolor. Cuando eran capaces de realizar el ejercicio sin dolor, se iniciaba un entrenamiento de correr día sí día no, empezando por 1 km e incrementándolo en 1km más cada 3 entrenamientos. El segundo grupo (n=9), realizó 3 series de 10 repeticiones de extensión de rodillas en máquina o "leg extension", una vez por día, 5 días/semana. En este ejercicio se pedía al paciente realizar una extensión de la rodilla afectada lentamente y mantener la pierna en extensión máxima durante 2 segundos. Se iniciaba el entrenamiento con 5 kg y se incrementaba progresivamente. Los mismos sujetos, además, realizaron leg/curl de isquiosurales siguiendo el mismo protocolo de progresión de "leg extensión".</p>	<p>Se realizaron mediciones del dolor mediante EVA. Se evaluó la fuerza del cuádriceps e isquiosurales.</p>	<p>Ambos grupos obtuvieron una reducción del dolor a los 12 meses del entrenamiento. No se obtuvieron ganancias de fuerza en ninguno de los dos grupos.</p>	

Cuadro 7. Ejercicio excéntrico en plano declinado en sujetos diagnosticados deTR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Purdam, Johnsson, Alfredson, Lorentzon, Cook, Khan. (2004) ^[41]</p>	<p>Investigar el efecto del entrenamiento excéntrico del cuádriceps en pacientes con TR crónica.</p>	<p>Estudio prospectivo</p>	<p>17 pacientes diagnosticados de TR con un mínimo de 6 meses de evolución</p>	<p>No se aleatorizó a los voluntarios del estudio. 9 sujetos realizaron <i>squats</i> unilaterales en un plano horizontal. 8 sujetos realizaron <i>squats</i> unilaterales en un plano declinado de 25°. Ambos grupos realizaron 3 series de 15 repeticiones 2 veces al día durante 12 semanas. Se pedía a los voluntarios realizar una flexión de rodilla a velocidad lenta. Se permitía dolor o molestia. Si desaparecía el dolor, se incrementaba la carga. Durante las 8 semanas iniciales se apartó a los voluntarios de su deporte de competición. Pasadas 4 semanas del inicio, se permitió realizar actividad deportiva como: footing en superficie plana, bicicleta y actividad acuática, siempre y cuando éstas no reprodujesen dolor agudo. Después de las 8 semanas, se permitió volver a su deporte habitual.</p>	<p>Se realizaron mediciones del dolor al inicio y final del programa. Se hizo un seguimiento de 15 meses del grupo que realizó <i>squats</i> en plano declinado que no hubieran sido intervenidos quirúrgicamente.</p>	<p>17 sujetos completaron el entrenamiento. Se obtuvieron resultados significativos en la reducción de dolor para el grupo que realizó <i>squats</i> en plano declinado pero no para el grupo de plano horizontal. En conclusión, el trabajo excéntrico para el tratamiento de la TR en plano declinado podría ser prometedor.</p>	

Cuadro 8. Comparación de trabajo excéntrico y trabajo concéntrico en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	4 escala Pedro
<p>Jonsson, Alfredson. (2005) ^[46]</p>	<p>Comparar la eficacia del trabajo excéntrico vs concéntrico de cuádriceps en pacientes con TR.</p>	<p>Estudio prospectivo aleatorio</p>	<p>15 pacientes de diferentes deportes, futbol, atletismo, baloncesto y balonmano. 8 realizaron ejercicios excéntricos y 7 concéntricos. Una paciente de cada grupo era mujer.</p>	<p>15 <i>squats</i> unilaterales por 3 series, 2 veces por día durante los 7 días de la semana por un periodo de 12 semanas.</p>	<p>Todos los pacientes cesaron la actividad deportiva durante las primeras 6 semanas. Se midió el dolor durante el ejercicio mediante la escala EVA y la escala VISA para la satisfacción y evolución de cada paciente.</p>	<p>El trabajo excéntrico parece reducir el dolor en pacientes con TR. Por lo contrario, el trabajo concéntrico no obtuvo resultados. El estudio fue abandonado por obtener resultados muy pobres en el grupo de ejercicio concéntrico</p>	

Cuadro 9. Comparación de trabajo excéntrico declinado y trabajo excéntrico standard en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Yaung, Cook, Purdam, Kiss, Alfredson. (2005) ^[47]</p>	<p>Investigar la eficacia inmediata (12 semanas) y a largo plazo (12 meses) de dos programas de trabajo excéntrico para el tratamiento de la tendinopatía rotuliana.</p>	<p>Ensayo aleatorio controlado</p>	<p>17 jugadores de voleibol (élite) diagnosticados de TR mediante diagnóstico de imagen.</p>	<p>Un grupo realizó <i>squats</i> sobre un plano declinado de 25° unilateral, progresando con ejercicios en carga y el segundo grupo realizó <i>squats</i> unilaterales en un escalón de 10 cm, progresando en velocidad y después en carga.</p>	<p>Se realizó una valoración a las 12 semanas y otra a los 12 meses. Para el dolor, escala EVA y para la funcionalidad de la rodilla escala VISA.</p>	<p>Ambos grupos mejoraron significativamente en las 12 semanas iniciales. A los 12 meses, se revelaron mayores mejoras en el grupo de plano declinado en relación a la escala VISA</p>	

Cuadro 10. Ejercicio excéntrico en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	7 escala Pedro
<p>Visnes, Hoksrud, Cook, Bahr. (2005) ^[48]</p>	<p>Investigar el efecto de un nuevo programa de entrenamiento excéntrico desarrollado para la TR en jugadores de vóley durante la temporada de competición</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>29 jugadores de vóley (élite) divididos en 2 grupos. Grupo de trabajo excéntrico (n=13), grupo de control (n=16). Todos diagnosticados clínicamente de TR.</p>	<p>El grupo de trabajo excéntrico, realizó <i>squats</i> unilaterales en un plano declinado de 25°, 3 series de 15 repeticiones durante 12 semanas, 2 veces por día, con un seguimiento hasta los 6 meses. El dolor durante la ejecución del ejercicio excéntrico era permitido siempre y cuando no fuera incapacitante. Se añadía carga adicional en función de la escala EVA (<3-4), disminuyendo la carga si éste era superior a 6-7. El grupo control, entrenó con normalidad.</p>	<p>El primer resultado a valorar fue la funcionalidad de la rodilla afectada mediante escala VISA, al inicio de estudio, una vez por semana durante las 12 semanas de entrenamiento, 6 semanas post-entrenamiento y a los 6 meses del final del entrenamiento. Secundariamente se realizó una valoración global del dolor (escala EVA) y funcionalidad mediante test de saltos. Se testaron 2 tipos de salto al inicio y al final de las 12 semanas de entrenamiento: "standing jump" y "counter movement jump."</p>	<p>Del volumen total de entrenamiento por semana, el grupo de trabajo excéntrico realizó 8.2 +/- 4.6. Solo 6 de los 13 sujetos en el grupo de trabajo excéntrico añadieron carga adicional durante el entrenamiento. El principal hallazgo de éste estudio es que no se encontró ningún efecto del entrenamiento en jugadores de vóley durante la época de competición.</p>	

Cuadro 11. Comparación de la carga en el tendón rotuliano con trabajo excéntrico declinado y trabajo excéntrico estándar en deportistas sanos.

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Kongsgaard, Aagaard, Roikjeaer et al. (2006) ^[49]</p>	<p>Comparar los niveles de actividad electromiográfica, tensión del tendón y angulación cinética de las articulaciones durante el <i>squat</i> en plano horizontal y plano declinado.</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>7 hombres y 6 mujeres, participaron en el estudio. Todos realizaban deporte moderadamente (3-6h semana)</p>	<p>Todos los voluntarios realizaron dos ejercicios; 3 <i>squats</i> unilaterales con la pierna dominante en plano horizontal y 3 en plano declinado de 25°. Entre repeticiones se dejaba un tiempo de descanso de 2 min. Se iniciaba el movimiento en extensión total de rodilla y se finalizaba a los 95° de flexión</p>	<p>En ambos ejercicios se calculó; niveles de activación electromiográfica, goniometría, mediciones de la elongación y tensión del tendón</p>	<p>Incremento de tensión/carga del tendón en el plano declinado mayor que en el plano horizontal. Mayores niveles de activación muscular en el plano declinado. En relación a los ángulos, solo se encontraron diferencias en la flexión dorsal del pie y flexión de cadera. La articulación del tobillo presentaba mayor flexión en plano horizontal mientras que la articulación de la cadera presentaba mayor flexión en plano declinado.</p>	

Cuadro 12. Comparación del trabajo excéntrico con la cirugía en pacientes diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	7 escala Pedro
<p>Bahr, Fossan, Løken, Engebretsen. (2006) ^[50]</p>	<p>Comparar el resultado de la cirugía de la TR con el trabajo excéntrico</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>35 pacientes (40 rodillas) diagnosticados de TR. Se dividieron en 2 grupos, cirugía (20 rodillas) y trabajo excéntrico (20 rodillas)</p>	<p>El protocolo del grupo de trabajo excéntrico consistió en 3 series de 15 repeticiones realizando <i>squats</i> en plano declinado de 25°, 2 veces al día durante 12 semanas, (adaptación del protocolo de Alfredson para tendinopatía aquilea). Los voluntarios podían realizar los ejercicios con dolor, siempre y cuando éste no imposibilitara el ejercicio. Se añadía carga adicional en función de la escala EVA (<3). Hasta las 4 semanas no se permitió realizar actividad física. Para el grupo de cirugía, se realizó un programa de rehabilitación durante las primeras 6 semanas. A partir de la sexta semana, se realizó el mismo programa de trabajo excéntrico que el otro grupo. Para aquellos sujetos del grupo de trabajo excéntrico que no mejoraron después de las 12 semanas de entrenamiento, se les propuso realizar una intervención quirúrgica, realizando un seguimiento post quirúrgico de 12 meses.</p>	<p>Se valoró la funcionalidad y dolor mediante VISA durante el programa de entrenamiento de 12 semanas, a los 3 meses, 6 meses y 12 meses. Al inicio del estudio, se valoraron test funcionales para la reproducción del dolor y ésta se valoró mediante escala EVA.</p>	<p>Los pacientes incluidos en el grupo de trabajo excéntrico, completaron un 66% del volumen de entrenamiento recomendado, mientras que el grupo de cirugía, completó un 72% del trabajo total prescrito. No se observaron diferencias entre grupos en cuanto a resultado de la escala VISA. Sin embargo, ambos grupos mostraron mejoras significativas en el periodo de un año. A nivel funcional, no se evidenciaron diferencias entre grupos. Sin embargo, ambos grupos mejoraron la fuerza en el periodo de 12 meses.</p>	

Cuadro 13. Evolución del trabajo excéntrico en el tratamiento de la TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados
<p>Visnes, Bahr. (2007) ^[51]</p>	<p>Realizar una revisión de la evolución de los programas de trabajo excéntrico en TR</p>	<p>Revisión sistemática</p>	<p>7 artículos con un total de 162 pacientes, todos publicados posterior al año 2000</p>	<p>Búsqueda en la base de datos MEDLINE identificando estudios prospectivos y ensayos clínicos aleatorizados con resultados del trabajo excéntrico en TR.</p>	<p>Se realiza la comparación de los resultados de todos los artículos escogidos en la revisión bibliográfica. Se hace una estimación de la mejora de la funcionalidad y dolor mediante las escalas VISA y EVA respectivamente.</p>	<p>Todos los estudios concluyen que el trabajo excéntrico tiene un rol importante en el tratamiento de la TR. Se estima la mejora de la funcionalidad y reducción del dolor alrededor del 50-70 %.</p>

Cuadro 14. Comparación de carga en diferente tipo de squats en pacientes sanos

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Frohm, Halvorsen, Thorstensson. (2007) ^[30]</p>	<p>Describir la magnitud y el patrón de la carga mecánica en la rodilla y en el tendón rotuliano durante la ejecución de 4 tipos de ejercicio excéntrico diferentes</p>	<p>Ensayo clínico</p>	<p>Se escogieron 14 voluntarios bomberos. Todos practicaban deporte. 11 de ellos completaron una parte del estudio donde se utilizaron los parámetros de Bromsman. 13 sujetos completaron la parte del estudio donde se utilizaba peso libre. 10 sujetos de los 14 iniciales, completaron ambas partes del estudio</p>	<p>El experimento se dividió en dos sesiones distintas, test de peso libre y test de Bromsman realizados en días separados. Los test de Bromsman, se realizaron 10 meses previos a los test de peso libre. Dos condiciones experimentales se incluyeron en cada una de las sesiones, <i>squats</i> en una superficie declinada y sobre una superficie horizontal.</p> <p>FD: peso libre en plano declinado</p> <p>FH: peso libe en plano horizontal</p> <p>BD: Bromsman plano declinado</p> <p>BH: Bromsman plano horizontal</p>	<p>Se realizaron mediciones del movimiento, fuerza y actividad muscular</p>	<p>En la comparación entre plano declinado e horizontal en los ejercicios de peso libre se observaron diferencias a nivel cinético, encontrando movimientos de mayor rango en FD que en FH. También se observó que en FD, el pico de fuerza aparecía a una mayor flexión de rodilla que FH. En FD la goniometría difería de FH, empezando a mayor flexión de rodilla, mayor flexión plantar de tobillo y acabando en menor flexión de cadera, mayor flexión de rodilla y mayor flexión plantar de tobillo que en FH. El promedio de la EMG, fue mayor en FD para gastrocnemios y vasto medial.</p> <p>En conclusión, el pico de fuerza del tendón así como el ángulo al que se producía el pico de fuerza, fueron mayores (25-30%) en plano declinado que plano horizontal en squats de peso libre, pero no en Bromsman. La actividad promedio EMG fue mayor en plano declinado para gastrocnemio (13%) y vasto medial (6%) en peso libre pero en Bromsman solo gastrocnemio (7%)</p>	

Cuadro 15. Comparación de dos tipos de trabajo excéntrico en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Frohm, Saartok, Halvorsen, Renström. (2007) ^[52]</p>	<p>Comprobar la eficacia y seguridad de dos protocolos de rehabilitación del trabajo excéntrico en pacientes con TR. Una nueva estrategia de entrenamiento excéntrico en carga se compara con el protocolo de rehabilitación de trabajo excéntrico estándar de plano declinado de 25°.</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>20 atletas, todos diagnosticados de TR verificado mediante resonancia magnética o ecografía</p>	<p>12 semanas de rehabilitación con dos tipos de entrenamiento, uno de fuerza con cargas altas de trabajo excéntrico bilateral, utilizado en la estrategia de Bromsman dos veces por semana. El segundo entrenamiento con trabajo excéntrico unilateral sin carga, utilizando un plano declinado, dos veces por semana, descrito anteriormente por Stanish y Curwin.</p>	<p>Se realizaron mediciones del dolor y funcionalidad mediante VISA-P, secundariamente se midió torque muscular isocinético, la funcionalidad dinámica y flexibilidad muscular como también estimaciones del nivel de dolor utilizando la escala visual analógica (EVA).</p>	<p>Ambos tratamientos mejoraron a corto plazo en relación a la VISA-P durante las 12 semanas de rehabilitación, sin embargo no se obtuvieron diferencias significativas entre los grupos en relación al dolor y funcionalidad.</p>	

Cuadro 16. Comparación de los efectos del trabajo excéntrico e isométrico en el volumen sanguíneo y *stiffness* del tendón rotuliano

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	8 escala Pedro
<p>Kubo, Ikebukuro, Yaeshima, Yata, Tsunoda, Kenehisa. (2009) ^[38]</p>	<p>Investigar la existencia de diferencias significativas en el volumen sanguíneo y la <i>stiffness</i>² del tendón rotuliano mediante un programa de entrenamiento excéntrico e isométrico.</p>	<p>Ensayo clínico aleatorio</p>	<p>10 hombres sanos. Todos ellos voluntarios</p>	<p>10 voluntarios completaron 12 semanas de entrenamiento, (4días/semana). Aleatoriamente se designó, a cada individuo, una pierna de trabajo estático (TE) y otra de trabajo dinámico (TD). En la pierna de TE, se realizaron 10 contracciones de 15' por sesión. Entre repeticiones se dejaba un descanso de 30'. Las contracciones se realizaban al 70% de la fuerza máxima voluntaria (FMV). Los 15' de contracción se contabilizaban una vez alcanzada la extensión total de rodilla, 0°. Para TD, los sujetos realizaron la extensión de rodilla, desde una posición inicial de 90° hasta posición final 0°. Se utilizaba una máquina de extensión isotónica. La velocidad en la fase concéntrica, (90°-0° extensión), debía ser constante y el tiempo transcurrido hasta alcanzar la extensión total debía ser de 1". La fase excéntrica, en cambio, debía ser de 3". Se establecieron 5 series de 10 repeticiones por serie al 80% de FMV. Para ello, se guiaba al voluntario mediante el sonido de un manómetro, el cual indicaba que la fuerza ejercida era la correcta, y mediante orden verbal si era necesario.</p>	<p><i>Stiffness</i> del complejo aponeurótico tendinoso y del tendón rotuliano mediante ecografía. Fuerza máxima voluntaria (FMV) isométrica. Área de sección transversal del músculo (CSA) y el tendón. Volumen sanguíneo del tendón rotuliano</p>	<p>Aumento del volumen del músculo cuádriceps en ambos entrenamientos. No se obtuvieron cambios en la CSA. Aumento del valor de la FMV en ambos entrenamientos. Incremento de la activación muscular del cuádriceps en ambos entrenamientos. La <i>stiffness</i> del complejo aponeurótico del tendón incrementó significativamente en ambos entrenamientos. Incremento de la <i>stiffness</i> del tendón en el trabajo isométrico, no en el trabajo excéntrico. Incremento del tHB del tendón durante reposo, este solo aumentó para el trabajo excéntrico pero no en el trabajo isométrico</p>	

Cuadro 17. Comparación de 3 tratamientos en TR. Corticoesteroides, ejercicio excéntrico en plano declinado y entrenamiento de resistencia a velocidad lenta con altas cargas

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	5 escala Pedro
<p>Kongsgaard, Kovenen, Aagaard et al. (2009) ^[53]</p>	<p>Investigar los efectos clínicos, estructurales y funcionales de inyecciones cortico-esteroides (CORT), ejercicio excéntrico (EE) en plano declinado, y trabajo de resistencia lento de alta carga (HSR)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado de ciego simple</p>	<p>52 hombres de deporte recreacional. Diagnostica dos de TR mediante exploración clínica</p>	<p>3 grupos. 12 semanas de rehabilitación y un seguimiento hasta los 6 meses. Grupo A= CORT. Administración de una inyección de corticoesteroides en el área hipoecoica del tendón rotuliano. Una segunda inyección se administró a las 4 semanas. Grupo B= EE. Se realizó un programa de trabajo excéntrico, descrito anteriormente por Purdam et al. (2004). 3 series de 15 repeticiones en squat unilateral en un plano declinado de 25°, 2 veces al día durante 12 semanas Grupo C= HSR. 3 sesiones por semana. Cada sesión constaba de 3 ejercicios a realizar bilateralmente, <i>squat, legpress y hack squat</i>. Los sujetos completaron 4 series de cada ejercicio con un tiempo de descanso de 2-3 min entre series. Se realizaron una progresión de cargas: semana 1; 15 repeticiones máximas (RM) Semana 2-3; 12 RM Semanas 4-5; 10 RM Semanas 6-8; 8 RM Semanas 9-12; 6 RM</p>	<p>Se realizaron mediciones del CSA del tendón y cuádriceps. Se realizó una biopsia del tendón al inicio del estudio y a la semana 12. Se valoró dolor y funcionalidad mediante VISA-P, secundariamente se midió torque muscular isocinético, la funcionalidad dinámica y flexibilidad muscular como también estimaciones del nivel de dolor utilizando la escala visual analógica EVA.</p>	<p>Los 3 grupos mejoraron a corto plazo en relación a la VISA-P Y EVA durante las 12 semanas de rehabilitación, sin embargo no se obtuvieron diferencias significativas entro los grupos en relación al dolor y funcionalidad. A largo plazo (6 meses), se obtuvieron mayores beneficios en EE y HSR que en CORT. El espesor del tendón disminuyó en el grupo CORT y HSR pero no en EE. El área de sección transversal aumentó para EE y HSR sin diferencias significativas. La concentración de colágeno tendió a bajar para CORT y a subir en HSR. El pico máximo de fuerza aumentó para EE y HSR pero no para CORT.</p>	

Cuadro 18. Comparación de trabajo excéntrico con trabajo excéntrico más estiramientos en pacientes diagnosticados de TR.

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	7 escala Pedro
<p>Stasinopoulos, Manias, Stasinopoulou. (2011) ^[54]</p>	<p>Investigar la efectividad del trabajo excéntrico y el trabajo excéntrico más estiramientos en el tratamiento de la TR</p>	<p>Ensayo clínico</p>	<p>43 pacientes diagnosticados de TR con un mínimo de 3 meses de evolución.</p>	<p>Se dividió a los participantes aleatoriamente en 2 grupos. Grupo A (n=22), que realizó trabajo excéntrico del aparato extensor de la rodilla más estiramientos. Grupo B (n=21), que realizó ejercicio excéntrico del aparato extensor de la rodilla. Para el trabajo excéntrico se realizaron squats unilaterales en plano declinado de 25°, 3 series de 15 repeticiones/serie durante 4 semanas. La velocidad debía ser lenta. Se permitía dolor mientras no fuera incapacitante. Cuando el ejercicio se realizaba sin dolor, se aumentaba la carga cogiendo peso con las manos. Entre series, se dejaba un tiempo de descanso de 2 minutos. Ambos grupos realizaron el mismo programa. El grupo A, además, realizó estiramientos. Cada estiramiento debía tener una duración de 30 segundos. Se siguió la pauta de estiramientos descrita por Di Fabio en 1989.</p>	<p>Se valoró la funcionalidad y dolor mediante VISA-P al inicio y al final del programa. Se hizo un seguimiento hasta los 6 meses.</p>	<p>Ambos grupos mejoraron significativamente a las 4 semanas. Sin embargo, el grupo que realizó estiramientos complementarios al trabajo excéntrico, obtuvo mejores resultados tanto a las 4 semanas como a los 6 meses.</p>	

Cuadro 19.Revisión sistemática del ejercicio excéntrico declinado

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados
<p>Araya, Gutiérrez, Aguilera, Polanco, Valenzuela. (2012) ^[55]</p>	<p>Determinar si existe evidencia científica que avale que el ejercicio excéntrico declinado es más efectivo que el ejercicio excéntrico estándar en el tratamiento de pacientes con TR crónica.</p>	<p>Revisión sistemática</p>	<p>4 artículos con un total de 83 pacientes deportistas. Todos los artículos son publicados posteriores al año 2004.</p>	<p>Búsqueda en la base de datos MeSH (tesauro de PubMed), MEDLINE, Central, Cinahl, Lilacs y PEDro, con palabras clave: <i>rehabilitation, patellartendinopathy, exercisetherapy, jumper'sknee, chronicendinopathy, rehabilitation, exercisetherapy, eccentricexercise, randomizedcontrolled trial, randomizedclinical trial, systematicreview, human y animals</i></p> <p>Criterios de inclusión: Ensayos clínicos aleatorizados y ensayos clínicos controlados, deportistas con diagnóstico de TR crónica realizado en forma clínica y/o imagenológica, estudios que compararan un programa de entrenamiento excéntrico declinado con el excéntrico estándar en pacientes con TR y estudios que hayan evaluado la efectividad terapéutica con: métodos unidimensionales o multidimensionales para valorar el dolor, rango de movimiento, fuerza muscular, escalas de funcionalidad, retorno deportivo o satisfacción del paciente.</p> <p>Criterios de exclusión: Estudios que valoren exclusivamente parámetros biomecánicos (cinéticos y/o cinemáticos)</p>	<p>No especificados</p>	<p>En la mejora de la TR, existe evidencia contradictoria de que un programa de ejercicio excéntrico en plano declinado a 25° es más efectivo en la disminución del dolor y la mejora de la funcionalidad a corto, medio y largo plazo, que un programa de trabajo excéntrico estándar.</p>

Cuadro 20. Ejercicio excéntrico durante la época de competición en deportistas diagnosticados de TR

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	5 escala Pedro
<p>Saithna, Gogna, Baraza, Modi, Spencer. (2012) ^[56]</p>	<p>Comprobar si retirar o mantener al deportista entrenando en su deporte habitual durante el tratamiento del trabajo excéntrico, puede ser más beneficioso para el deportista.</p>	<p>Revisión sistemática</p>	<p>7 artículos con un total de 183 atletas. Todos los artículos son posteriores al año 2001.</p>	<p>Se realizó una búsqueda en las bases de datos PubMed, Medline, PEDro y Cochrane data base, con las siguientes palabras clave: <i>patellar tendinopathy, jumper's knee and eccentric.</i></p>	<p>Se realiza la comparación de los resultados de todos los artículos escogidos en la revisión bibliográfica. Los estudios evalúan los beneficios con la escala VISA.</p>	<p>Con el análisis de los artículos, se llega a la conclusión que el trabajo excéntrico tiene unos mejores resultados si el deportista combina el entrenamiento habitual con la rehabilitación en trabajo excéntrico, ya que los resultados en los atletas apartados de sus disciplinas dan unos resultados inferiores.</p>	

Cuadro 21. Adaptación del tendón al tipo de carga y tipo de contracción en pacientes sanos

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	7 escala Pedro
<p>Malliaras, Kamal, Nowell et al. (2013) [57]</p>	<p>Investigar la influencia del tipo de contracción y el tipo de carga sobre las propiedades del tendón rotuliano</p>	<p>Ensayo clínico</p>	<p>38 hombres sanos de entre 18 y 35 años de la Universidad de London.</p>	<p>Los participantes se dividieron aleatoriamente en 4 grupos. El primer grupo(control), no realizó ningún ejercicio. El segundo grupo, realizó trabajo concéntrico, 4 series de 7-8 repeticiones/serie. El tercer grupo, realizó un entrenamiento excéntrico, 4 series de 12-15 repeticiones/serie. El cuarto grupo, realizó un entrenamiento excéntrico de alta carga, 4 series de 7-8 repeticiones /serie. Cada entrenamiento se llevó a cabo 3 veces por semana durante 12 semanas y se realizó en una máquina de extensión de rodilla.</p>	<p>Se realizan mediciones de los niveles EMG del bíceps femoral. Medición de la elongación del tendón bajo carga. Medición de la CSA del tendón rotuliano. Mediciones de la fuerza y <i>stiffness</i> del tendón rotuliano.</p>	<p>Aumento de tensión y deformación mayor en excéntrico de alta carga que en excéntrico de baja carga aunque no significativa. Significativo aumento de la "stiffness" del grupo excéntrico de alta carga respecto el de control. No se obtuvieron cambios significativos de la CSA en ningún grupo. La fuerza se incrementó significativamente en los grupos de trabajo excéntrico.</p>	

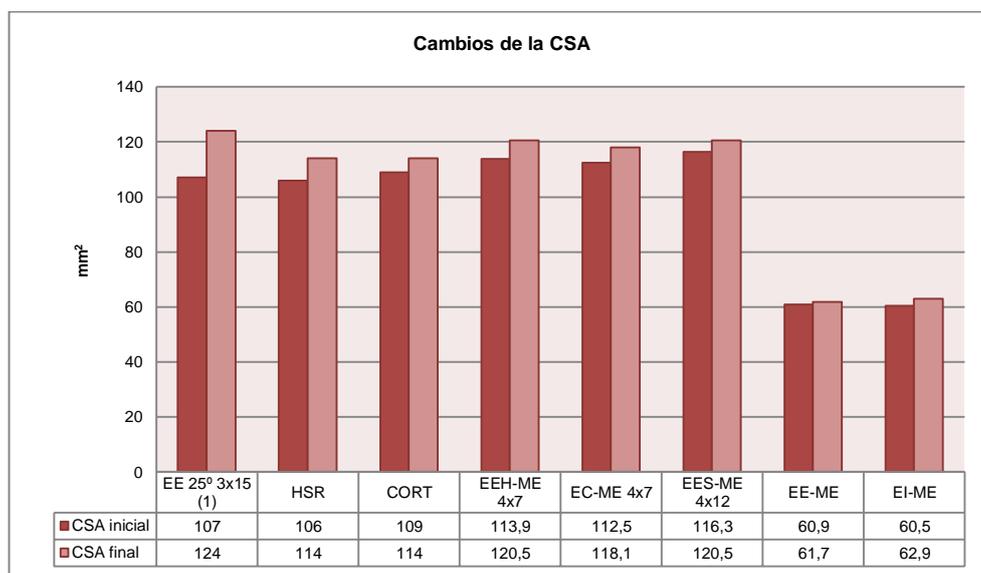
Cuadro 22. Variaciones de la microcirculación y de la *stiffness* con trabajo excéntrico en pacientes sanos

Autores	Objetivos	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Medición de los Resultados	Resultados	6 escala Pedro
<p>Yin, Chen, Wu, Tingfang, Rolf, Wang. (2014) ^[58]</p>	<p>Medir y comparar la <i>stiffness</i> y la microcirculación entre jugadores de tenis universitarios y sujetos no deportistas al realizar ejercicio excéntrico del aparato extensor de la rodilla.</p>	<p>Estudio de control</p>	<p>25 jugadores de tenis universitarios y 14 estudiantes deportivos inactivos</p>	<p>Aleatoriamente se designó a los jugadores de tenis, en 2 grupos. El primer grupo (n=12), realizó 4 series de 40 repeticiones/serie de ejercicio excéntrico. El segundo grupo (n=14), realizó 4 series de 80 repeticiones/serie. Los estudiantes inactivos (n=14) realizaron 4 series de 40 repeticiones/serie. Se utilizó una silla dinamométrica para la realización de los entrenos (BiodexMulti-JointSystem).</p>	<p>Se midieron niveles EMG. Se midió la microcirculación al inicio y al final del programa, en el 1/3 superior del tendón rotuliano mediante laser. Se realizaron mediciones de hemoglobina total (tHB) y saturación de oxígeno (Sat O₂) al inicio y al final del programa, a una profundidad de entre 5 y 10mm del tendón. También se realizaron mediciones en los cambios de longitud del tendón pre/post entreno.</p>	<p>Reducción significativa de la <i>stiffness</i> en el grupo de jugadores de tenis que realizó 4 series de 80 repeticiones y para el grupo de estudiantes no activos. En el grupo de jugadores de tenis que realizó 4 series de 40 repeticiones se obtuvo un aumento de la Sat O₂ en la cuarta serie respecto la primera serie, sin embargo no se obtuvieron cambios en la tHB entre series. El grupo que realizó 4 series de 80 repeticiones, obtuvo un incremento de tHB en la cuarta serie, siendo mayor que en la primera. En ese mismo grupo, los niveles de Sat O₂ fueron también significativamente mayores en la cuarta serie que en las otras series. Para el grupo inactivo, los niveles de tHB para la cuarta serie, fueron mayores que en la primera serie. En este mismo grupo, Sat O₂ fue significativamente mayor en la tercera y cuarta serie que en las dos primeras. La comparación entre grupos muestra un incremento de Sat O₂ en la cuarta serie para los jugadores de tenis que realizaron 4 series de 80 repeticiones y para los estudiantes inactivos fue mayor que para los jugadores de tenis que realizaron 4 series de 40 repeticiones. Se asoció los niveles de Sat O₂ con los cambios de <i>stiffness</i> en el tendón. En conclusión, existe un incremento de la microcirculación del tendón rotuliano después de realizar ejercicio excéntrico, el cual resulta en una reducción de la <i>stiffness</i></p>	

Los parámetros que consideramos más relevantes y de mayor interés en la TR por su implicación en el proceso de rehabilitación son: la CSA, el volumen sanguíneo, la *stiffness*, el dolor y la funcionalidad.

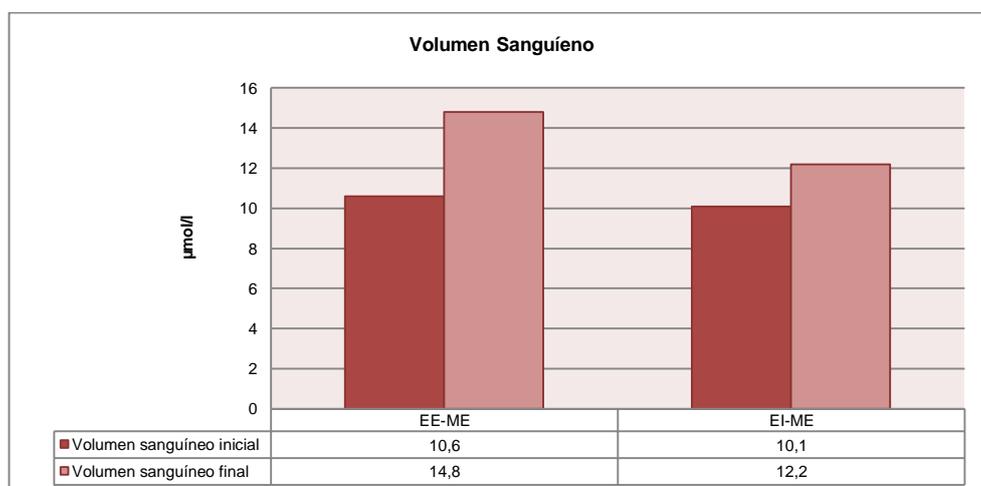
Hemos creado tablas comparativas donde se muestran los resultados de cada intervención en relación a cada parámetro. Las intervenciones se muestran en la parte inferior de las series de datos de cada tabla y se describen en el cuadro 23.

Tabla 5. Incremento de la CSA según tratamiento



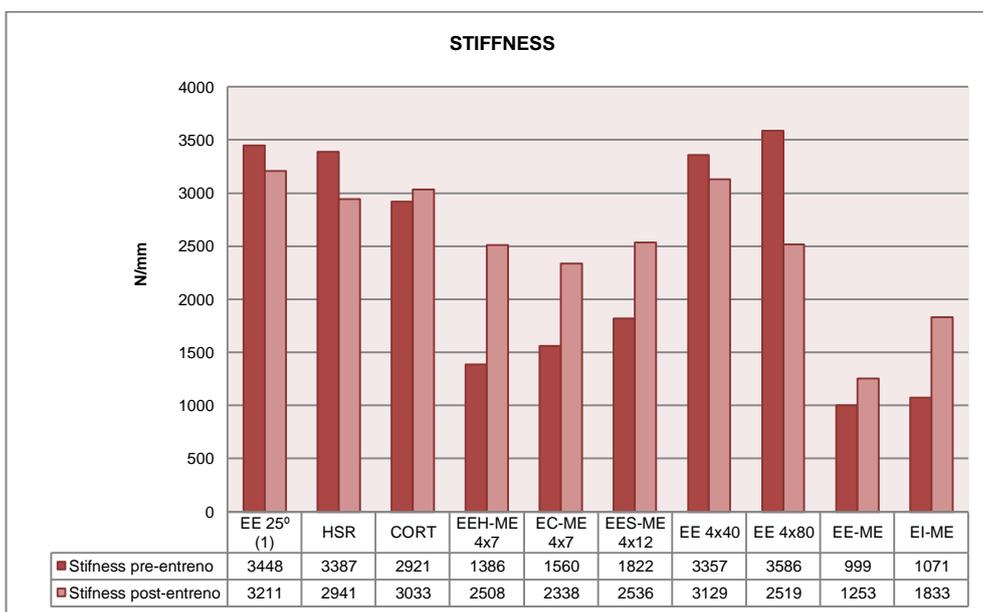
Valores absolutos

Tabla 6. Cambios del volumen sanguíneo con trabajo excéntrico e isométrico



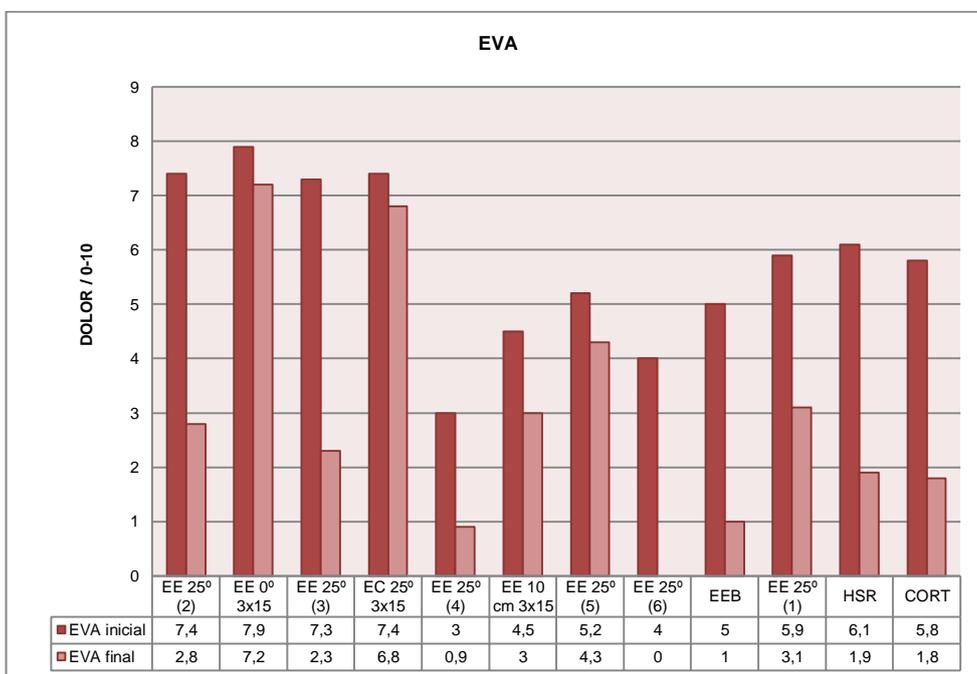
Valores absolutos

Tabla 7. Cambios de la *stiffness* según tratamiento



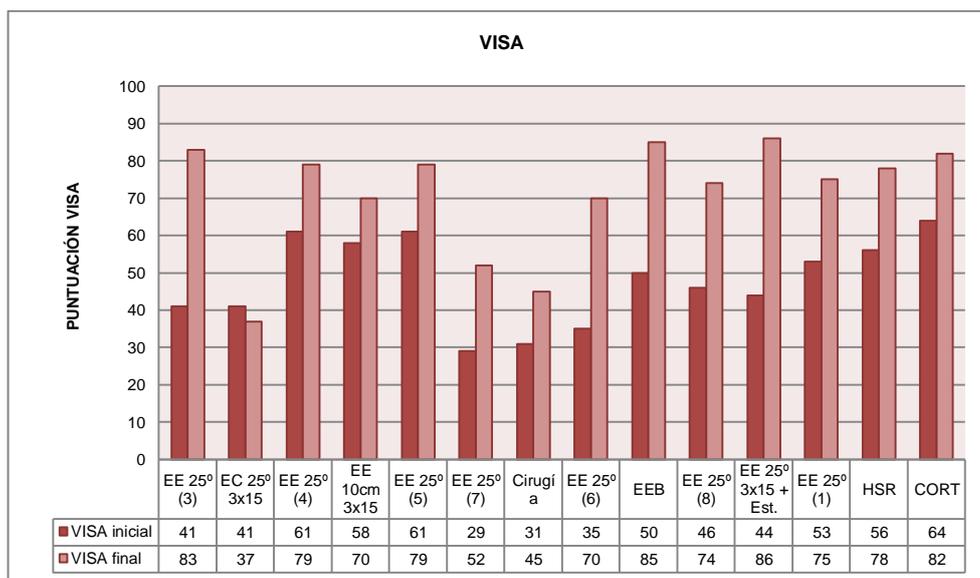
Valores absolutos

Tabla 8. Disminución por puntos del dolor en escala EVA según tratamiento



Valores absolutos

Tabla 9. Cambios en la puntuación de la escala VISA según tratamiento



Valores absolutos

Cuadro 23. Intervenciones representadas en las tablas de resultados y discusión.

INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	AUTORES
EE 25° (1)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Kongsgaard (2009) ^[55]
HSR	Heavy Slow Resistance	Kongsgaard (2009) ^[55]
CORT	Corticoesteroides	Kongsgaard (2009) ^[55]
EEH-ME 4x7	Ejercicio Excéntrico High en Máquina de Extensión, 4 series de 7 repeticiones	Malliaras (2013) ^[59]
EC-ME 4x7	Ejercicio Concéntrico en Máquina Extensión, 4 series de 7 repeticiones	Malliaras (2013) ^[59]
EES-ME 4x12	Ejercicio Excéntrico Standard en Máquina Extensión, 4 series de 12 repeticiones	Malliaras (2013) ^[59]
EE-ME	Ejercicio Excéntrico en Máquina Extensión	Kubo (2009) ^[54]
EI-ME	Ejercicio Excéntrico en Máquina Extensión	Kubo (2009) ^[54]
EE 4x40	Ejercicio Excéntrico, 4 series de 40 repeticiones	Yin (2014) ^[60]
EE 4x80	Ejercicio Excéntrico, 4 series de 80 repeticiones	Yin (2014) ^[60]
EE 25° (2)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Purdam (2004) ^[45]
EE 0° 3x15	Ejercicio Excéntrico en plano horizontal, 3 series de 15 repeticiones	Purdam (2004) ^[45]
EE 25° (3)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Jonsson (2005) ^[47]
EC 25° 3x15	Ejercicio Concéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Jonsson (2005) ^[57]
EE 25° (4)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Yaung (2005) ^[48]
EE 10cm 3x15	Ejercicio Excéntrico en <i>step</i> de 10 centímetros, 3 series de 15 repeticiones	Yaung (2005) ^[48]
EE 25° (5)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Visnes (2005) ^[49]
EE 25° (6)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Frohm (2007) ^[53]
EEB	Ejercicio Excéntrico método Bromsman	Frohm (2007) ^[53]
EE 25° (7)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Bahr (2006) ^[51]
Cirugía	Cirugía	Bahr (2006) ^[51]
EE 25° (8)	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones	Stasinopoulos (2011) ^[56]
EE 25° 3x15+ Est.	Ejercicio Excéntrico en plano declinado 25°, 3 series de 15 repeticiones más Estiramientos	Stasinopoulos (2011) ^[56]

Nota: Ordenado por orden de aparición en las tablas de resultados

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Dentro del marco del diagnóstico de la TR, se debe tener como objetivo identificar aquellas características patológicas específicas que sitúan al terapeuta en posesión de información de estricta necesidad, para llevar a cabo una progresión en el tratamiento de manera exitosa.

Según Cook et al. (2000), la TR puede ser silente e asintomática, hasta llegar a un punto de rotura espontánea. Así pues, el tendón rotuliano se debe observar desde un punto de vista histológico, determinando el estado estructural y fisiológico, así como la sintomatología del paciente. Al inicio de la lesión, se producen microrroturas por exceso de carga que desembocan en una neovascularización como respuesta de reparación. Si no se permite un periodo de adaptación mecánica y biofisiológica, el tendón disminuye sus propiedades intrínsecas provocando mayor riesgo de entrar en un círculo vicioso, donde prevalece más el proceso de degeneración que el de regeneración. Si este proceso no se revierte, con el tiempo, puede conllevar a un aumento de la degeneración, acompañado de una hiper celularidad, hipervascularización e aumento de terminaciones nerviosas que, en tendones sintomáticos, acarrea una pérdida progresiva de la funcionalidad de la rodilla. Hasta el momento, no se ha conseguido unificar un protocolo de actuación que integre los parámetros a elegir, individualizando cada fase de la lesión.

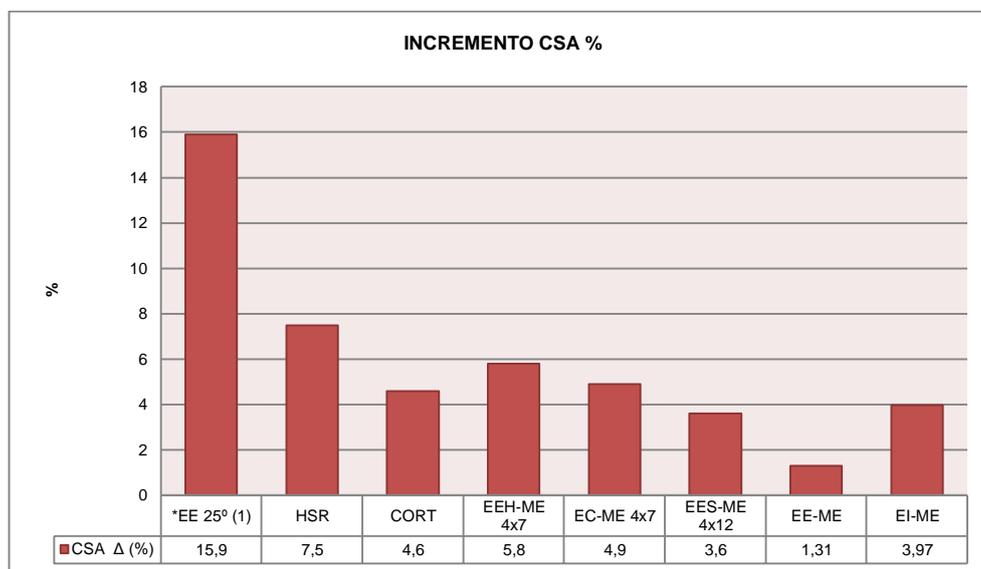
Según Fredberg et al. (2002), la carga aplicada de manera controlada en el tendón rotuliano promueve la síntesis de colágeno, favoreciendo el ciclo de regeneración. Según Hernández et al. (2009), el aumento del espesor y diámetro del tendón supone una mayor capacidad para soportar cargas. Por lo tanto, el tendón sufre variaciones macroscópicas aumentando de tamaño siempre y cuando exista un periodo de adaptabilidad en la aplicación de la carga.

En el estudio de Heinemeier y Kjaer (2011) se observó un aumento de la CSA del tendón rotuliano un 30% mayor en la pierna de carga que en la pierna de no carga en hombres atletas, compitiendo por lo menos los últimos 5 años en deportes como el bádminton o esgrima. Esto significaría

que la aplicación de cargas prolongadas en el tendón rotuliano provoca la hipertrofia de éste.

En los estudios de Kubo et al. (2008) (EE-ME) y Malliaras et al. (2013) (EEH-ME y EES-ME), no se observó un incremento significativo de la CSA del tendón rotuliano en el periodo de 12 semanas de entrenamiento con trabajo excéntrico en pacientes sanos (Tabla 10). Sin embargo, Kongsgaard et al. (2009) (EE 25° (1)), obtuvo un aumento de la CSA de un promedio del 16% en 12 semanas de ejercicio excéntrico en pacientes deportistas diagnosticados de TR (Tabla 10) demostrando que en un periodo corto de tiempo, el tendón rotuliano es capaz de adaptarse a las cargas.

Tabla 10. Incremento de la CSA del tendón rotuliano según intervención



Datos promedios // [Valores absolutos](#)

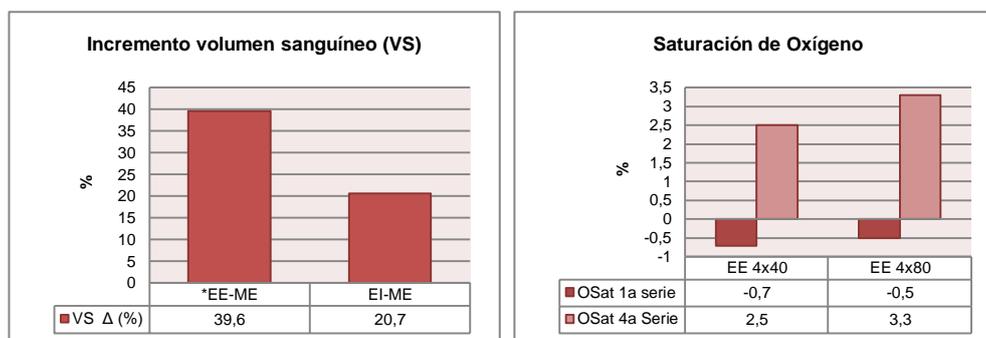
*Mencionado como Significativo ($P < 0,05$) por el artículo

La muestra de la población escogida en cada estudio, así como las diferencias en el tratamiento, podrían ser la causa de la disparidad en el resultado. Keitaro y Malliaras utilizaron una máquina de extensión de rodilla para la realización del programa de ejercicio excéntrico. Ambos realizaron intervenciones muy similares; contracciones al 80% de 1RM, 4 series de 10 repeticiones/serie y 4 series de 12-15 repeticiones/serie, respectivamente. En cambio, los pacientes incluidos en el estudio de

Kongsgaard realizaron el trabajo excéntrico en plano declinado de 25°, descrito por Purdam et al. (2004).

Según Kubo et al. (2009), durante la actividad física el volumen sanguíneo del tendón varía, y el consumo de oxígeno (O₂), aumenta. Por lo tanto, es necesario que exista un incremento del flujo sanguíneo para preservar los niveles óptimos de O₂ en función de la demanda. En su estudio, se evidencia un aumento del volumen sanguíneo del tendón rotuliano después del ejercicio excéntrico (EE-ME) (Tabla 11). En cambio, la ejecución de ejercicio isométrico (EI-ME) demostró no obtener cambios significativos en el volumen sanguíneo (Tabla 11). En el estudio de Yin et al. (2014) (Tabla 12), se demostró un aumento de la microcirculación y, en consecuencia, un aumento de la saturación de oxígeno (Sat O₂) en los protocolos de trabajo excéntrico. Ambas investigaciones se realizaron en pacientes sanos, lo cual indica que el trabajo excéntrico aplicado en pacientes diagnosticados de TR, mejoraría la aportación de nutrientes a la lesión ayudando en el proceso de regeneración.

Tabla 11. Aumento del volumen sanguíneo del tendón rotuliano con programa excéntrico e isométrico. **Tabla 12.** Niveles de saturación de oxígeno del tendón rotuliano con programa excéntrico e isométrico.



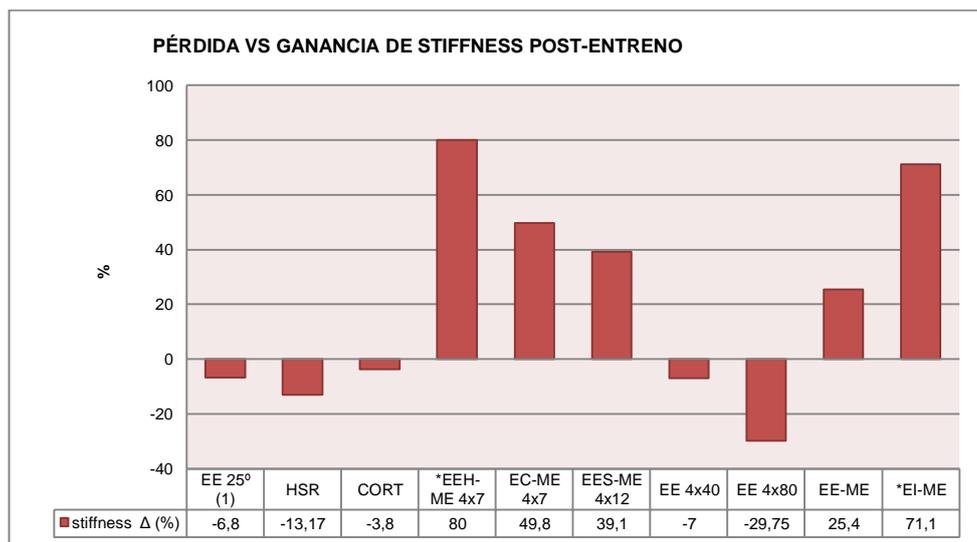
Datos promedios // [Valores absolutos](#)

*Mencionado como Significativo (P<0,05) por el artículo

En el estudio de Langberg et al. (1999) se observó que, durante el ejercicio isométrico, el flujo sanguíneo permanecía prácticamente invariable, provocando así una acumulación de lactato en el tendón y, en consecuencia, un aumento de la *stiffness*. Kubo et al (2009) observa la *stiffness* como un elemento negativo en el deporte por disminuir la efectividad del sistema cíclico de elongación-acortamiento, el cual supone

un suministro de energía mecánica durante la activación muscular en el deportista. Por lo tanto, el entrenamiento isométrico, con el consiguiente incremento de la *stiffness* del tendón rotuliano, podría perjudicar la ejecución de actividades de salto o ejercicios reactivos. Por otro lado, en el estudio de Heninemeier y Kjaer (2011), correlacionan el incremento de el CSA con un incremento de la *stiffness*, y como se ha mencionado antes, el CSA favorece las propiedades intrínsecas del tendón. En el estudio de Yin et al. (2014) (EE 4x40 y EE 4x80) concluyen que el aumento de la circulación en el tendón después del entrenamiento excéntrico, resulta en una reducción de la *stiffness* en pacientes sanos (Tabla 13). Sin embargo, no se observa la misma relación en el estudio de Kubo et al. (2009) (EE-ME). En nuestro análisis, tampoco hemos encontrado una relación directa entre el aumento de la CSA, disminución del dolor y aumento de la funcionalidad en programa excéntrico (EE 25° (1)) (Tablas 12,13,14 y 15 respectivamente) al incremento de la *stiffness* en pacientes con TR. Así pues, los beneficios y desventajas del incremento de la *stiffness* no son claros. El incremento de la *stiffness* de los estudios de Malliaras et al. (2013) y Kubo et al. (2009) sobre pacientes sanos, podría deberse al uso de máquinas de extensión isotónicas en la aplicación de trabajo excéntrico.

Tabla 13. Cambios de la *stiffness* del tendón rotuliano según intervención.



Datos promedios // [Valores absolutos](#)

*Mencionado como Significativo (P<0,05) por el artículo

Varios estudios han investigado la eficacia del trabajo excéntrico, mencionado por primera vez por Stanish y Curwin en 1986. En su estudio, todo y no utilizar métodos validados de medición del dolor y funcionalidad, obtuvieron un resultado muy positivo. 200 pacientes fueron partícipes en la investigación en el tratamiento de TR utilizando el trabajo excéntrico como método terapéutico. En el seguimiento de 16 meses, se observó una recuperación total del 44% de los sujetos, mientras que un 43% redujo considerablemente su sintomatología. Tal fue la relevancia, que desde ese momento se introdujo como nueva herramienta terapéutica y sirvió como ejemplo para estudios posteriores.

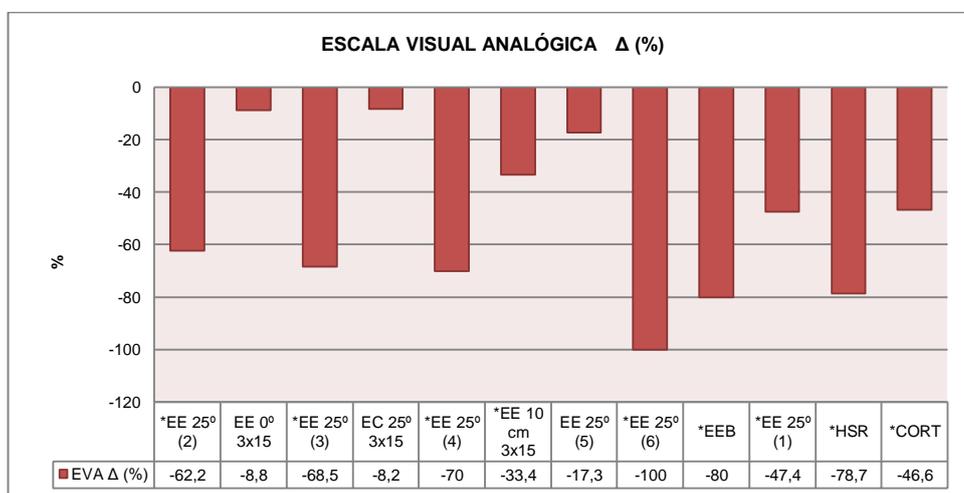
En el estudio de Cannell et al. (2001) se comparó el trabajo excéntrico con el trabajo concéntrico en pacientes diagnosticados de TR. Al igual que en el estudio de Stanish, no se utilizaron métodos validados de medición del dolor y funcionalidad. No obstante, utilizaron una escala de puntuación para el dolor del 0-8, donde 0 significaba ausencia de dolor y 8, mucho dolor. A las 12 semanas de intervención, se observó una disminución del dolor en el grupo de trabajo concéntrico del 36%, mientras que en el de trabajo excéntrico, fue del 57%.

El dolor es la principal causa por la cual el deportista reduce el rendimiento deportivo, pudiendo llegar a ser apartado de la competición. Ante el diagnóstico de TR, se han descrito varias intervenciones de trabajo excéntrico paralelas a la competición deportiva, donde encontramos: seguimiento normal de la competición (siempre y cuando el síndrome no lo imposibilite), reducción de la frecuencia e intensidad del entrenamiento, abandono del entrenamiento habitual para realizar otras actividades físicas de baja intensidad o parada total de la actividad deportiva. En la revisión bibliográfica de Visnes et al. (2007) se sugiere que, al retirar el deportista del deporte habitual durante el periodo de rehabilitación mediante trabajo excéntrico, se obtienen mejores resultados que si se le mantiene en la competición. No obstante, en el artículo de Saithna et al. (2012) se estudió el índice de riesgo/beneficio que conlleva retirar al jugador de la competición, incluyendo solo ECA de relevancia. Se concluyó que no

existe evidencia suficiente que implique apartar al deportista del hábito normal de entrenamiento o competición.

En el estudio de Yaung et al. (2014) se realizaron 2 tipos de ejercicio excéntrico en 17 jugadores profesionales de voleibol diagnosticados de TR mientras continuaban con la competición. Los sujetos se dividieron en 2 grupos. Un grupo realizó squats unilaterales de la pierna afectada en plano declinado de 25° (EE 25° (4)). El otro grupo realizó squats unilaterales de la pierna afectada en un escalón de 10cm (EE 10cm 3x15). Ambos grupos obtuvieron resultados significativos en la escala EVA (Tabla 14) y VISA (Tabla 15), siendo mayores los de plano declinado de 25°. Sin embargo, en el estudio de Visnes H et al. (2005) se dividió a 29 jugadores profesionales de voleibol diagnosticados de TR en 2 grupos. El primer grupo (control), continuó con la actividad deportiva habitual. El segundo grupo, paralelamente a la competición, realizó squats unilaterales en plano declinado de 25° (EE 25° (5)). No se obtuvieron cambios significativos en la escala EVA (Tabla 14) ni VISA (Tabla 15).

Tabla 14. Disminución del dolor a las 12 semanas según intervención



Datos promedios // [Valores absolutos](#)

*Mencionado como Significativo (P<0,05) por el artículo

La diferencia en el resultado de ambos estudios, aplicando el mismo programa excéntrico (plano declinado de 25°), podría ser debido al no cumplimiento del volumen de sesiones en el grupo de trabajo excéntrico

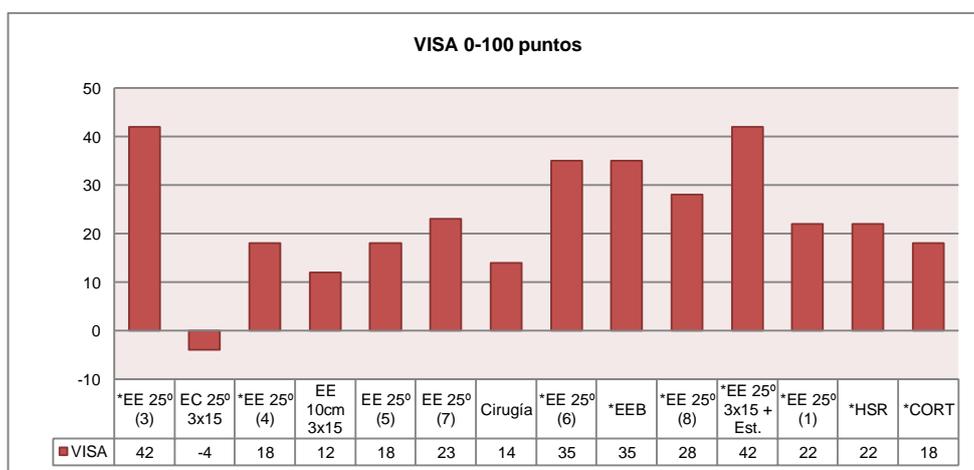
del estudio de Visnes et al. (2005), el cual realizó un 59% del volumen total de sesiones recomendadas.

En el estudio de Kongsgaard et al. (2009) se obtuvieron resultados muy positivos en la disminución de dolor, permitiendo la práctica deportiva siempre y cuando el dolor no superara un valor de 3 en la escala de EVA.

En su protocolo (HSR) (Tabla 14), se realizaron de 3 tipos de ejercicio: squat, legpress y hack squat. Los sujetos debían realizar 4 series de 15 repeticiones/serie por ejercicio durante un periodo de 12 semanas. Se le daba la misma importancia a la fase concéntrica (3s) que a la fase excéntrica (3s).

Algunos tratamientos invasivos sobre el tendón rotuliano, han sido comparados con el trabajo excéntrico. Uno de ellos, muy comúnmente utilizado, son los corticoides (CORT). Estos han demostrado ser eficaces en la reducción del dolor en un plazo de 12 semanas (Tabla 14), aunque, pasado este plazo de tiempo, el dolor vuelve a aumentar hasta mantenerse a niveles anteriores a las infiltraciones. Lo mismo sucede a nivel funcional (Tabla 15). Además, provocan degeneración del colágeno yendo en contra del proceso de reparación, por lo tanto, no deberían proponerse como opción de tratamiento.

Tabla 15. Aumento por puntos del valor funcional en la escala VISA a las 12 semanas según intervención.



Datos promedios // [Valores absolutos](#)

*Mencionado como Significativo (P<0,05) por el artículo

En el estudio de Bahr et al. (2006) se compara la efectividad del trabajo excéntrico (EE 25° (7)) con la cirugía (Cirugía) en pacientes diagnosticados de TR. A las 12 semanas, se observan diferencias entre grupos, aunque no significativas (Tabla 15). En el plazo de 12 meses, ambos grupos obtienen resultados significativos en la mejora de la escala VISA y reducción de dolor.

Hasta la fecha, se han descrito varios programas de trabajo excéntrico obteniendo buenos resultados, donde la mayoría de autores proponen similares criterios de progresión; *squats* en un plano declinado de 25° unilateral, realizando 3 series de 15 repeticiones, en general 2 veces al día durante 12 semanas, con progresión de carga, velocidad de ejecución lenta y permitiendo molestia o dolor durante el entrenamiento (Purdam et al. (2004), Jonsson y Alfredson (2005), Yaung et al. (2005), Frohm et al. (2007), Kongsgaard et al. (2009). No obstante, Stasinopoulos consiguió muy buenos resultados en los valores VISA en el periodo de 4 semanas. En su estudio se compararon 2 programas. En uno de ellos se realizó trabajo excéntrico en plano declinado de 25° de 3 series de 15 repeticiones/serie, 5 veces por semana, además de la realización de estiramientos (EE 25° 3x15 + Est). Consiguió un aumento de valor en la escala VISA de 42 puntos (Tabla 15). Dicho hallazgo demuestra que el trabajo excéntrico en plano declinado de 25° más el uso de estiramientos podría aportar mayores beneficios que la ejecución del programa excéntrico únicamente.

Frohm et al. (2007) logró muy buenos resultados en la reducción de dolor (Tabla 14) y funcionalidad (Tabla 15) con la aplicación de la máquina Bromsman (EEB) en plano horizontal, realizando un entrenamiento de 12 semanas, 2 veces por semana, 4 series de 4 repeticiones/serie, bilateral, con altas cargas y combinando el ejercicio con un calentamiento previo. Así pues, se demuestra que la frecuencia de entrenamiento no tiene que ser diaria, siempre y cuando las cargas aplicadas al tendón sean altas. Los periodos de descanso de más de 36 horas entre días de aplicación de cargas altas del protocolo EEB, pudieron favorecer que las fibras de colágeno mantuvieran un nivel de síntesis positivo como mencionaron

Magnusson et al. (2010) (Figura 3). Por lo tanto, durante el programa de EEB prevalece más la síntesis que la destrucción de colágeno, pudiendo ser una de las causas del éxito en los resultados. Kongsgaard et al. (2009) también obtuvo resultados significativos en la escala EVA, utilizando un programa donde se combinó el ejercicio excéntrico con ejercicio concéntrico. Por lo tanto, la aplicación de un trabajo más funcional puede ser un buen método de disminución del dolor en TR.

A continuación se exponen las conclusiones en relación a los objetivos.

EFFECTIVIDAD DEL TRABAJO EXCÉNTRICO

El trabajo excéntrico es la terapia de elección en el tratamiento de TR en adultos que realizan deporte, siendo, de entre todas, la más efectiva. La cirugía ha demostrado no obtener mejores beneficios que el trabajo excéntrico, por lo tanto, antes de realizar una intervención quirúrgica será necesario aplicar un programa excéntrico

PROPUESTA DE PARÁMETROS DE TRATAMIENTO

El squat en un plano declinado de 25° unilateral, realizando 3 series de 15 repeticiones, en general 2 veces al día durante 12 semanas, con progresión de carga, velocidad de ejecución lenta y permitiendo molestia o dolor durante el entrenamiento, obtiene resultados satisfactorios. La ejecución en un plano declinado de 25°, consigue los mejores promedios en la reducción del dolor. El tratamiento mediante ejercicios más funcionales (HSR) propuestos por Kongsgaard et al. (2009), la suma de estiramientos al programa excéntrico propuestos por Stasinopoulos et al. (2011) y el uso de la máquina de Bromsman de Frohm et al. (2007) parecen dirigir mejor el proceso de rehabilitación, aunque futuros estudios con muestras más extensas deberán confirmarlo.

EFFECTOS TERAPÉUTICOS DEL TRABAJO EXCÉNTRICO

La TR no es una patología de rápida curación. Se ha encontrado una correlación directa en el aumento de la *stiffness* bajo el uso de máquinas de extensión (cadena cinética abierta) como método de aplicación de trabajo excéntrico en pacientes sanos, lo cual indica que en pacientes con TR se obtendría el mismo resultado. Se identifica una disminución no significativa de la *stiffness* en el protocolo de trabajo excéntrico horizontal y en plano declinado de 25° en pacientes diagnosticados de TR. Se identifica un aumento de circulación sanguínea del tendón rotuliano, influyendo en el proceso de regeneración. Se consigue un incremento de la CSA del

tendón, más significativo en plano declinado de 25° que cualquier otro entrenamiento excéntrico. Se identifican mayores niveles de activación muscular después del entrenamiento excéntrico declinado y con el uso de la máquina Bromsman.

COMPATIBILIDAD DEL TRABAJO EXCÉNTRICO CON LA PRÁCTICA DEPORTIVA

El deportista no debe ser apartado de la competición durante el tratamiento de la TR mediante trabajo excéntrico. Sin embargo, la reducción de la intensidad y frecuencia de entrenamiento podrían ayudar en la recuperación. No existe incompatibilidad en ninguna de las fases de la lesión con el tratamiento excéntrico. Los beneficios obtenidos a las 12 semanas todavía son latentes al año.

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

La no estandarización de los parámetros de tratamiento de trabajo excéntrico de cada estudio ha dificultado el análisis y comparación de los resultados, pudiendo existir un sesgo de información. No obstante, hemos elegido aquellos que utilizan diagnósticos, cuestionarios y tests específicos validados para la valoración y medición de los resultados. La traducción de los datos del inglés al español ha influido de manera significativa en la elaboración del trabajo, de manera que hemos establecido estrategias de búsqueda de términos específicos del ámbito científico de uso asiduo por los artículos analizados, con el fin de clarificar conceptos. Existen algunos estudios que podrían haber sido de gran aportación para la síntesis del marco teórico que, sin embargo, suponían un coste monetario que no hemos afrontado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sanch D, Introducci F. Las tendinopatías del tendón de aquiles y del tendón rotuliano: Tratamiento y prevención. Fed Española Baloncesto [Internet]. 2014
2. Kaux JF, Forthomme B, le Goff C, Crielaard JM, Croisier JL. Current opinions on tendinopathy. J Sport Sci Med [Internet]. 2011;10(2):238–53.
3. Vos R, Weir A, Schie H, Weinans H, Page P. Platelet-Rich Plasma Injection for Chronic Achilles Tendinopathy. Prelim Commun [Internet]. 2010;303(2):144–9.
4. Wilson JJ, Best TM. Common overuse tendon problems: A review and recommendations for treatment. Am Fam Physician [Internet]. 2005;72(5):811–8. I
5. Bueno AJ, Porqueres IM. TENDÓN. Valoración y tratamiento en fisioterapia. 2008;598.
6. Medina D. Guía de práctica clínica de las tendinopatías : diagnóstico , tratamiento y prevención. Med l'Esport [Internet]. 2015;47(176):143–68.
7. Frizziero A, Trainito S, Oliva F, Nicoli Aldini N, Masiero S, Maffulli N. The role of eccentric exercise in sport injuries rehabilitation. Br Med Bull [Internet]. 2014;110:47–75.
8. Warden SJ, Brukner P. Patellar tendinopathy. Clin Sports Med [Internet]. 2003 Oct [cited 2014 Dec 3];22(4):743–59.
9. Rees JD, Wilson a. M, Wolman RL. Current concepts in the management of tendon disorders. Rheumatology . 2006 May [cited 2014 Sep 1];45(5):508–21.

10. Frohm A. Patellar tendinopathy - on evaluation methods and rehabilitation techniques. Karolinska Institutet. 2006.
11. Sharma P, Maffulli N. Biology of tendon injury : healing , modeling and remodeling. J Musculoskelet Neuronal Interact [Internet]. 2006;6(2):181–90.
12. Almekinders LC, Weinhold PS, Maffulli N. Compression etiology in tendinopathy. Clin Sports Med [Internet]. 2003 Oct [cited 2014 Dec 3];22(4):703–10.
13. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper’s knee). J Physiother [Internet]. Korea Institute of Oriental Medicine; 2014;60(3):122–9.
14. Jaén TFF, García PG, Padrón M, Jiménez AF VM. Conceptos actuales de la lesión tendinosa, Criterios terapéuticos. Arch Med del Deport [Internet]. 2010;27:477–89.
15. Hernández S, Poveda E, Moreno V, Gómez A. Mitos y realidades en la tendinopatía rotuliana del deportista. Abordaje desde la evidencia científica. Fisioterapia [Internet]. 2009;31(6):255–61.
16. Frohm A, Saartok T, Edman G, Renström P. Psychometric properties of a Swedish translation of the VISA-P outcome score for patellar tendinopathy. BMC Musculoskelet Disord [Internet]. 2004 Jan [cited 2014 Nov 26];5:49.
17. Pruna R, Medina D, Rodas G, Artells R. Tendinopatía rotuliana. Modelo de actuación terapéutica en el deporte. Med Clin (Barc) [Internet]. 2013;141(x):119–24.
18. Murtaugh B, Ihm JM. Eccentric training for the treatment of tendinopathies. Curr Sports Med Rep [Internet]. 2013;12(3):175–82.

19. Wasielewski NJ, Kotsko KM. Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physically active adults with symptomatic lower extremity tendinosis; A systematic review. *J Athl Train*. 2007;42(3):409–21.
20. Rodriguez-Merchan EC. The treatment of patellar tendinopathy. *J Orthop Traumatol* [Internet]. 2013 Jun [cited 2014 Oct 26];14(2):77–81.
21. Esparza F, Barrera F, Pardo A, Jf A, Fernández T, Lm G. Prevención de la tendinopatía rotuliana con ejercicios excéntricos en deportistas Patellar tendinopathy prevention in athletes with eccentric exercise. *Trauma Fund MAPFRE* [Internet]. 2011;22:241–7.
22. Orava S, Osterback L, Hurme M. Surgical treatment of patellar tendon pain in athletes. *Br J Sports Med* [Internet]. 1986;20(4):167–9. A
23. Docheva D, Müller S a, Majewski M, Evans C. Biologics for tendon repair. *Adv Drug Deliv Rev* [Internet]. Elsevier B.V.; 2014 Nov 21 [cited 2014 Dec 3];18.
24. Heinemeier KM, Kjaer M. In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *J Musculoskelet Neuronal Interact* [Internet]. 2011;11(January):115–23.
25. Khan K, Cook J. The painful nonruptured tendon: Clinical aspects. *Clin Sports Med* [Internet]. 2003;22:711–25.
26. Kannus P. Structure of the tendon connective tissue. *Scand J Med Sci Sport* [Internet]. 2000 Dec;10(6):312–20.
27. Yuan J, Wang MX, Murrell G. Cell death and tendinopathy. Clinical aspects. *Clin Sports Med*. 2003;22:693-701

28. Lavagnino M, Arnoczky SP, Elvin N, Dodds J. Patellar tendon strain is increased at the site of the jumper's knee lesion during knee flexion and tendon loading: results and cadaveric testing of a computational model. *Am J Sports Med.* 2008 Nov [cited 2014 Nov 26];36(11):2110–8.
29. Magnusson SP, Narici M V, Maganaris CN, Kjaer M. Human tendon behaviour and adaptation, in vivo. *J Physiol [Internet].* 2008 Jan 1 [cited 2014 Oct 25];586(1):71–81.
30. Frohm a, Halvorsen K, Thorstensson A. Patellar tendon load in different types of eccentric squats.1. Frohm a, Halvorsen K, Thorstensson a. Patellar tendon load in different types of eccentric squats. *Clin Biomech (Bristol, Avon) [Internet].* 2007 Jul [cited 2014 Oct 25];22(6):704–11.
32. Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson JG. Jumper's knee. *Orthop Clin North.* 1973;4:665.
33. Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Cross-cultural adaptation of VISA-P score for patellar tendinopathy in Spanish population. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011;41(8):581–91.
34. Cook G, Phys M, Purdam C. Rehabilitation os lower limb tendinopathies. Australia. *Clin Sports Med.* 2003;22:777-789
35. Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players: a longitudinal study. *Am J Sports Med.* 2002;30(4):488–91.
36. Menard, D., and Stanish, W. D. The aging athlete. *Am. J. Sports Med.* 1989;17: 187-196.
38. Kubo K, Ikebukuro T, Yaeshima K, Yata H, Tsunoda N, Kanehisa H. Effects of static and dynamic training on the stiffness and blood volume of tendon in vivo. *J Appl Physiol [Internet].* 2009 Mar [cited 2014 Nov 29];106(2):412–7.

40. Docheva D, Müller S a, Majewski M, Evans C. Biologics for tendon repair. *Adv Drug Deliv Rev* [Internet]. Elsevier B.V.; 2014 Nov 21 [cited 2014 Dec 3];18.
42. Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL. Chapter 5 Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. *Br J Sports Med* [Internet]. 2007;41(4):53–61.
43. Rutland M, O’Connell D, Brismée J-M, Sizer P, Apte G, O’Connell J. Evidence-supported rehabilitation of patellar tendinopathy. *N Am J Sports Phys Ther*. 2010;5(September 2010):166–78.
44. Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. [Internet]. *Clinical orthopaedics and related research*. 1986. p. 65–8.
45. Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM. A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper’s knee in athletes: pilot study. *Br J Sports Med*. 2001;35(1):60–4.
46. 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* [Internet]. 2005 Nov [cited 2014 Oct 25];39(11):847–50.
47. Young M a, 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* [Internet]. 2005 Feb [cited 2014 Sep 9];39(2):102–5.
48. Visnes H, Hoksrud A, Cook J, Bahr R. No effect of eccentric training on jumper’s knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2005;15(July):227–34.

49. Kongsgaard M, Aagaard P, Roikjaer S, Olsen D, Jensen M, Langberg H, et al. Decline eccentric squats increases patellar tendon loading compared to standard eccentric squats. *Clin Biomech* [Internet]. 2006;21:748–54.
50. Bahr R, Fossan B, Løken S, Engebretsen L. Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* [Internet]. 2006;88:1689–98.
51. 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* [Internet]. 2007 Apr [cited 2014 Sep 9];41(4):217–23.
52. Frohm a, Halvorsen K, Thorstensson A. Patellar tendon load in different types of eccentric squats.1. Frohm a, Halvorsen K, Thorstensson a. Patellar tendon load in different types of eccentric squats. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2007 Jul [cited 2014 Oct 25];22(6):704–11.
53. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen a H, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports* [Internet]. 2009 Dec [cited 2014 Aug 31];19(6):790–802.
54. Stasinopoulos D, Manias P, Stasinopoulou K . Comparing the effects of eccentric training with eccentric training and static stretching exercises in the treatment of patellar tendinopathy. A controlled clinical trial. *Clin Rehabil*. 2012;26(5):423–30.
55. Araya Quintanilla F, Gutiérrez Espinoza H, Aguilera Eguía R, Polanco Cornejo N, Valenzuela Fuenzalida JJ. Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: revisión sistemática. *Rev Andaluza Med del Deport* [Internet]. Elsevier; 2012;5(2):75–82.

56. Saithna A, Gogna R, Baraza N, Modi C, Spencer S. Eccentric Exercise Protocols for Patella Tendinopathy: Should we Really be Withdrawing Athletes from Sport? A Systematic Review. *Open Orthop J* [Internet]. 2012;6:553–7.
57. 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* [Internet]. Elsevier; 2013;46(11):1893–9.
58. Yin N-H, Chen W-S, Wu Y-T, Shih TT, Rolf C, Wang H-K. Increased patellar tendon microcirculation and reduction of tendon stiffness following knee extension eccentric exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2014;44(april):304–12.
59. Diccionario de la lengua española. Real Acad Española. 2014;23.
60. Petrenko AB, Yamakura T, Shimoji K, Baba H. The Role of N-Methyl-D-Aspartate (NMDA) Receptors in Pain: A Review. *Niigata Univ Sch Med Asahimachi*. 2003;97:1108–16.
61. Martínez A, Ribas S. Funciones de las prostaglandinas en el sistema nervioso central. Departamento de Fisiología; Facultad de medicina UNAM.

ANEXOS

GLOSARIO

Deportista¹ - Según la Real Academia Española, el deportista es aquella persona que por afición o profesionalmente practica algún deporte, entendiendo como deporte, actividad física ejercida como juego o competición, cuya práctica supone entrenamiento y sujeción a normas ^[59].

Stiffness² - Describe el cambio en la longitud del tendón en relación a la fuerza aplicada. Este parámetro es dependiente de la CSA y de la longitud del tendón. Un tendón con mayor CSA y longitud corta dará como resultado mayor *stiffness* ^[36].

Módulo de Young³ - Describe la relación entre la deformación y el estiramiento del tendón. Es independiente de la CSA ^[36].

Glutamato⁴ - Neurotransmisor excitatorio ^[60].

Prostaglandinas⁵ - Es una larga familia de lípidos oxidados e insaturados producidos, en su mayoría, por la enzima COX-2 (enzima que actúa como señal inflamatoria) ^[61].

CUESTIONARIO VISA ^[33]

Cuestionario de valoración VISA (Victorian Institute of Sports Assessment) : TENDINOPATÍA ROTULIANA

Este es un cuestionario para la valoración de la gravedad de los síntomas en individuos con tendinopatía rotuliana. El término "dolor" en el cuestionario hace referencia a la zona específica del tendón rotuliano.

Para indicar su intensidad de dolor, por favor, marque de 0 a 10 en la escala teniendo en cuenta que 0 = ausencia de dolor y 10 = máximo dolor que imagina.

1.- ¿Durante cuántos minutos puede estar sentado sin dolor?

0-15 min	15-30 min	30-60 min	60-90 min	90-120 min	>120 min
0	2	4	6	8	10

PUNTOS

--

2.- ¿Le duele al bajar escaleras con paso normal?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

--

3.- ¿Le duele la rodilla al extenderla completamente sin apoyar el pie en el suelo?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

--

4.- ¿Tiene dolor en la rodilla al realizar un gesto de "zancada" →
(flexión de rodilla tras un movimiento amplio hacia delante con carga completa del peso corporal sobre la pierna adelantada)



Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

--

5.- ¿Tiene problemas para ponerse en cuclillas?

Sin problemas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

--

6.- ¿Le duele al hacer 10 saltos seguidos sobre la pierna afectada o inmediatamente después de hacerlos?

Sin dolor	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Dolor muy intenso/ Incapaz
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

PUNTOS

--

7.- ¿Practica algún deporte o actividad física en la actualidad?

PUNTOS

- 0 No, en absoluto
- 4 Entrenamiento modificado y/o competición modificada
- 7 Entrenamiento completo y/o competición, pero a menor nivel que cuando empezaron los síntomas
- 10 Competición al mismo nivel o mayor que cuando empezaron los síntomas

8.- Por favor, conteste A, B o C en esta pregunta según el estado actual de su lesión:

- Si no tiene dolor al realizar deporte, por favor, conteste sólo a la pregunta 8A
- Si tiene dolor mientras realiza el deporte pero éste no le impide completar la actividad, por favor, conteste únicamente la pregunta 8B
- Si tiene dolor en la rodilla y éste le impide realizar deporte, por favor, conteste solamente la pregunta 8C

8A.- Si no tiene dolor mientras realiza deporte, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o practicando?

PUNTOS

0-20 minutos	20-40 minutos	40-60 minutos	60-90 minutos	> 90 minutos
6	12	18	24	30

8B.- Si tiene cierto dolor mientras realiza deporte pero éste no obliga a interrumpir el entrenamiento o la actividad física, ¿cuánto tiempo puede estar entrenando o haciendo deporte?

PUNTOS

0-15 minutos	15-30 minutos	30-45 minutos	45-60 minutos	> 60 minutos
0	5	10	15	20

8C.- Si tiene dolor que le obliga a detener el entrenamiento o práctica deportiva, ¿cuánto tiempo puede aguantar haciendo el deporte o la actividad física?

PUNTOS

Nada	0-10 minutos	10-20 minutos	20-30 minutos	> 30 minutos
0	2	5	7	10

PUNTUACIÓN TOTAL:  /100

Nombre: Fecha: