



apunts

MEDICINA DE L'ESPORT

www.apunts.org



TREBALL ORIGINAL

Gestió de la càrrega en la tendinopatia: progressió clínica de les tendinopaties d'Aquil·les i rotular

Alfons Mascaró^{a,*}, Miquel Àngel Cos^b, Antoni Morral^c, Andreu Roig^b, Craig Purdam^d, Jill Cook^e

^a Facultat d'Infermeria i Fisioteràpia, Universitat de Lleida, Lleida, Espanya

^b Centre d'Alt Rendiment (CAR), Sant Cugat del Vallès, Barcelona, Espanya

^c Facultat de Ciències de la Salut Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Espanya

^d Australian Institute of Sport, Canberra, Austràlia

^e Faculty of Health Sciences, La Trobe University, Victoria, Austràlia

Rebut el 28 de juliol de 2017; acceptat el 27 de novembre de 2017

PARAULES CLAU

Tendinopatia;
Tendinopatia
d'Aquil·les;
Tendinopatia rotular;
Exercici;
Càrrega;
Teràpia física

Resum

Sovint la tendinopatia afecta els tendons d'Aquil·les i rotular. Les lesions d'aquests tendons poden afectar severament les activitats esportives, recreatives i de la vida diària. A les dues darreres dècades, els exercicis excèntrics han esdevingut la intervenció conservadora principal per tractar les tendinopaties d'Aquil·les i rotular. Els exercicis excèntrics poden no ser efectius per a tots els pacients afectats per tendinopaties (esportistes i no esportistes). És possible que, en els esportistes, la càrrega que genera el treball excèntric sobre el múscul i el tendó sigui insuficient. Un programa de rehabilitació que tingui per objectiu augmentar la tolerància del tendó a la càrrega ha d'incloure, òbviament, exercicis de força, però també ha d'afegir exercicis de velocitat i exercicis que augmentin la capacitat d'emmagatzemar i alliberar energia. Aquest article presenta un protocol de rehabilitació de les tendinopaties d'Aquil·les i rotular. Consisteix en exercicis simples i pràctics dissenyats per incorporar càrrega progressiva al tendó: mitjançant treball isomètric, força, força funcional, velocitat i exercicis pliomètrics que augmenten la capacitat d'emmagatzemar i alliberar energia del tendó. Aquest treball és el primer pas per dissenyar un assaig clínic aleatoritzat i multicèntric que permeti valorar-ne l'eficàcia.

© 2017 FC Barcelona. Publicat per Elsevier España, S.L.U. Tots els drets reservats.

* Autor per a la correspondència.

Correu electrònic: amascaro.crb@telefonica.net (A. Mascaró).

KEYWORDS

Tendinopathy;
Achilles;
Patellar;
Exercise;
Load;
Physical therapy

Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar tendinopathy

Abstract

Achilles and patellar tendons are commonly affected by tendinopathy. Injury to these tendons can severely impact upon sports, recreational and everyday activities. Eccentric musculotendinous loading has become the dominant conservative intervention strategy for Achilles and patellar tendinopathy over the last two decades. Eccentric loading involves isolated, slow lengthening muscle contractions. Systematic reviews have evaluated the evidence for eccentric muscle loading in Achilles and patellar tendinopathy, concluding that outcomes are promising but high-quality evidence is lacking. Eccentric loading may not be effective for all patients (athletes and non-athletes) affected by tendinopathy. It is possible that in athletes, eccentric work is an inadequate load on the muscle and tendon. A rehabilitation program aiming to increase tendon load tolerance must obviously include strength exercises, but should also add speed and energy storage and release. The aim of this paper is to document a rehabilitation protocol for Achilles and patellar tendinopathy. It consists of simple and pragmatic exercises designed to incorporate progressive load to the tendon: isometric work, strength, functional strength, speed and jumping exercises to adapt the tendon to the ability to store and release energy. This article would be the first step for an upcoming multicentre randomized controlled trial to investigate its efficacy.

© 2017 FC Barcelona. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Antecedents

Els tendons d'Aquil·les i rotular estan comunament afectats de tendinopatia, que és una lesió per sobrecàrrega que es caracteritza per dolor localitzat del tendó amb càrrega i disfunció¹⁻³.

Entenem la tendinopatia com un dolor i disfunció no relacionats amb la patologia, i sabent que no hi ha una connexió directa entre l'estructura, el dolor i la disfunció, es qüestiona una classificació basada en l'estructura. La interacció entre estructura, dolor i funció no ha estat del tot entesa. Es poden trobar regions del tendó que estan en diferents etapes alhora. La presentació clínica és un híbrid de patologies reactives i degeneratives, en què la part estructuralment «normal» (en les modalitats d'imatge regulars) té una resposta reactiva, i hi ha una part degenerativa silenciosa del tendó, mecànicament i estructuralment incapaç de transmetre càrrega de tracció, i això porta a sobre-carregar la part normal del tendó. El dolor del tendó es relaciona parcialment amb la funció, amb la tendinopatia, disminuint la força muscular i el control motor que, al mateix temps, en redueix la funció. En aquest context la funció es refereix a la capacitat del múscul de produir la força adequada per tal que el tendó pugui acumular i alliberar l'energia dels moviments esportius. Tanmateix, es poden trobar canvis funcionals quan hi ha una patologia estructural, independentment del dolor⁴.

Les dues tendinopaties, d'Aquil·les i rotular, són comunes als esportistes, i la d'Aquil·les també pot afectar les persones sedentàries. La lesió d'aquests tendons pot afectar severament les activitats esportives, recreatives i de la vida diària¹⁻³. La prevalença de la tendinopatia rotular és major en esports que es caracteritzen per altes demandes de ve-

locitat i potència dels extensors de la cama (és a dir, voleibol i bàsquet)⁵. En la població general, la incidència de tendinopatia d'Aquil·les és de 1,85 per 1.000. En la població adulta (21-60 anys), la incidència és de 2,35 per 1.000. En el 35% dels casos es registrà una relació amb l'activitat esportiva⁶. La tendinopatia s'associa comunament amb la patologia del tendó. Les característiques patològiques del tendó inclouen cel·lularitat alterada (augmentada o disminuïda), ruptura de la matriu extracel·lular (acumulació de substància fonamental, col·lagen desorganitzat, creixement intern neurovascular)⁷. Els tenòcits endocrins i les terminacions nervioses alliberen substàncies bioquímiques que es creu que tenen un paper en el dolor del tendó (per exemple, la substància P)⁸.

La càrrega musculotendinosa excèntrica ha esdevingut l'estratègia d'intervenció conservadora dominant de la tendinopatia d'Aquil·les i rotular a les dues darreres dècades. La càrrega excèntrica implica contraccions musculars aïllades lentes i perllongades. Les revisions sistemàtiques han valorat l'evidència de la càrrega muscular excèntrica en la tendinopatia d'Aquil·les⁹⁻¹³ i de la rotular^{14,15}, i han conclòs que els resultats són prometedors, però hi manca evidència de gran qualitat¹⁶. La càrrega excèntrica pot no ser efectiva en tots els pacients (esportistes i no esportistes) afectats de tendinopatia¹⁷. És possible que el treball excèntric sigui una càrrega inadequada per al múscul i el tendó dels esportistes. Un programa de rehabilitació destinat a augmentar la tolerància a la càrrega del tendó òbviament ha d'incloure exercicis de força, però també hauria d'incorporar exercicis de velocitat i d'emmagatzematge i alliberament d'energia¹⁸. L'objectiu d'aquest article és documentar un protocol de rehabilitació de la tendinopatia d'Aquil·les i rotular. Consisteix en exercicis simples i pràctics dissenyats per incorporar una càrrega

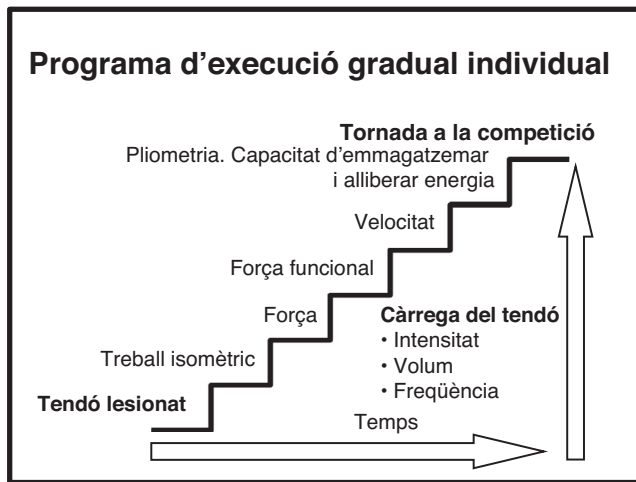


Figura 1 Programa per incorporar la càrrega progressiva al tendó.

progressiva al tendó: treball isomètric, força, força funcional i exercicis de velocitat i salts per adaptar el tendó a la capacitat d'emmagatzemar i alliberar energia (fig. 1). Aquest article podria ser el primer pas d'un futur assaig clínic aleatoritzat multicèntric que n'investigui l'eficàcia.

El desenvolupament d'un pla de rehabilitació de tota persona amb tendinopatia requereix un raonament clínic complex, pel que fa al diagnòstic anatomopatològic i als requeriments funcionals de la persona. La tendinopatia i la posterior rehabilitació variaran considerablement depenent del lloc de la patologia (és a dir, substància insercional o mitjana no insercional), de l'etapa de la tendinopatia, de la valoració funcional, del nivell de condició física de la persona, dels problemes que contribueixen a la cadena cinètica, de les comorbiditats i de les presentacions concurrents¹⁹.

La literatura científica suggereix que la patogènesi de la tendinopatia d'Aquil·les és heterogènia. S'han identificat diversos factors de risc i interaccions entre ells. Tant els factors extrínsecs (per exemple, la sobrecàrrega) com els intrínsecs poden predisposar a la lesió²⁰⁻²². Aquests inclouen nivells de lípids, gens, trastorns metabòlics, edat, producció de citoquines circulants i locals, gènere, biomecànica i composició corporal²³. És crucial tenir una visió holística del pacient i avaluar els factors de risc^{21,24}. També és important tenir en compte la quantitat total de càrrega del tendó, tant en el treball com en l'esport²⁵. Comprendre i abordar aquests factors pot millorar els resultats.

La literatura sobre la rehabilitació de la tendinopatia suggereix que el tractament més important és la càrrega apropiada²⁶. El model de continuïtat de tendinopatia²⁷ proporciona una base raonada per enfocar la rehabilitació en funció de la presentació clínica present.

Cada component del programa de rehabilitació, especialment la càrrega, ha de ser gestionat en relació a la naturalesa, la velocitat i la magnitud de les forces aplicades a la unitat múscul/tendó/os per tal d'assolir els objectius de la fase de maneig concreta, sense causar exacerbació de l'estat patològic o dolor. La prescripció d'exercici es pot orientar a la reorganització de la matriu i a la síntesi de col·lagen²⁸, reduir l'activitat dels tendònics, afectar la com-

pliància del tendó^{29,30} o tenir un efecte analgèsic³¹. Bé que a vegades es considera que la reorganització de la matriu i la integritat millorada del col·lagen són els objectius del procés de rehabilitació, el canvi estructural quantificable no es correlaciona necessàriament amb el resultat terapèutic³². Existeix evidència raonable per refutar el canvi estructural observable com una explicació dels beneficis del treball excèntric en la tendinopatia³³. La prescripció d'exercici pot aconseguir efectes terapèutics positius a través d'altres mecanismes, com el canvi de les propietats mecàniques del tendó, la força funcional, la innervació, la vascularització o la percepció del dolor.

Un diagnòstic precís és essencial, les proves d'imatge diagnòstica són útils, però el que realment és important és una bona valoració clínica. Partint del model de continuïtat, ens cal representar l'escenari on es troba la patologia del tendó: tendinopatia reactiva, tendó deteriorat, tendinopatia degenerativa o reactiva sobre degenerativa. La gestió de la càrrega és el patró d'or del tractament en totes les fases. Una gestió ràpida de la càrrega d'un tendó reactiu pot mantenir-lo en els primers estadis de la patologia del tendó i limitar-ne la progressió.

Punts clau per planificar i gestionar la progressió de la càrrega del tendó

Millora del dolor i entrenament equilibrat

1. El dolor inhibeix l'esportista d'usar la capacitat elàstica (emmagatzemament i alliberament d'energia) del tendó, cosa que en compromet la funció i rendiment¹⁸.
2. Un volum d'entrenament excessiu, o un entrenament massa intens que implica la funció elàstica del tendó, pot induir-ne una sobrecàrrega, i és un factor important a l'inici de la tendinopatia de l'esportista.
3. L'entrenament constant combinat amb períodes de repòs massa curts pot originar una degradació de la malla de la matriu i conduir a una lesió per sobreús²⁶.
4. La gestió de la tendinopatia al mig de la temporada, a l'entorn del maneig de la càrrega, cosa que inclou estratègies per controlar el dolor, tant redueix les càrregues agreujants com n'introdueix d'altres per millorar-lo¹⁸.
5. Fins ara no s'ha demostrat que cap medicament o tractament injectable alteri les propietats del teixit; només la càrrega del tendó pot estimular-ne la remodelació¹⁸.
6. L'única opció en les fallades recurrents per adaptar la càrrega esportiva és un programa integral de rehabilitació que pugui augmentar la capacitat d'absorció de la càrrega del tendó¹⁸.
7. Les càrregues que redueixen el dolor s'han d'introduir tan aviat com sigui possible. La càrrega que disminueix el dolor ha de suportar un estímul de la càrrega sobre el tendó que és crític per mantenir la funció cel·lular i la integritat de la matriu¹⁸.
8. En els tendons adolorits (reactius i reactius sobre degeneratius), la contracció isomètrica amb una determinada càrrega disminueix el dolor durant diverses hores¹⁸. Aquestes càrregues es poden repetir diverses vegades al dia, mantenint 40 a 60 s, 4 a 5 vegades, per reduir el

dolor i mantenir la capacitat muscular i la càrrega del tendó¹⁸. En tendons molt reactius i dolorosos poden estar indicats els exercicis bilaterals, mantenint-los durant un temps més breu i amb menys repeticions al dia¹⁸. La literatura dona suport a l'ús del treball isomètric en condicions doloroses; la contracció muscular isomètrica extenuant sostinguda recluta mecanismes d'inhibició descendent segmentaris i/o extrasegmentaris. El reclutament d'inhibició descendent evidencia hipoalgèsia mecànica i augment del llindar del dolor¹⁸. Tot i que no hi ha un patró d'or per a la rehabilitació de la tendinopatia³⁴, les pautes (protocols de progressió) descrites en aquest article coincideixen amb els estàndards que altres autors han presentat i discutit prèviament^{18,34,35}. Durant les sessions d'entrenament de força, els pacients poden usar metrònoms o aplicacions de mòbil, que proporcionen un control millor del nombre de repeticions de cada exercici. Incloure aquests estímuls externs ha demostrat que maximitza els efectes de l'entrenament i preveu recaigudes^{34,36} i cal tenir-los en compte.

9. Les càrregues, de moderades a pesades, amb màquines de peses lentes rara vegada causen dolor¹⁸. Aquests exercicis s'han de completar des del mig cap a l'interior de la unitat musculotendinosa per reduir la compressió de la inserció del tendó¹⁸.

Mesurament de la resposta del tendó a la càrrega

10. Per controlar el dolor del tendó s'han d'utilitzar tests d'estimulació i mètodes de puntuació objectiva. Com que el qüestionari VISA proporciona puntuacions substancials sobre el dolor durant l'activitat d'alt nivell, no és sensible als canvis a curt termini i és millor utilitzar-lo mensualment. El comportament del dolor al dia següent de la càrrega és el test de resposta a la càrrega crítica. L'esportista pot supervisar la resposta del tendó a les càrregues d'entrenament completant un test de càrrega simple cada dia a una hora similar (evitar al matí d'hora, tret de l'aquileu, en què el dolor i la rigidesa matutins poden ser una bona guia per a la progressió)¹⁸.
11. Potser el que importa és la magnitud de la resposta del tendó estructural a una càrrega, ja que sembla que això ocorre abans que s'origini o canviï el dolor. Un instrument que pogués quantificar la resposta del tendó a la càrrega significaria un gran avenç en el maneig de la tendinopatia¹⁸.

Prevenió de la ruptura del tendó. Evidència per canviar l'estructura del tendó: entrenament aeròbic, síntesi de col·lagen i temps de descans

12. Kannus i Józsa³⁷ exploraren, des d'una perspectiva histològica, 891 tendons trencats espontàniament i trobaren que 864 (97%) tenien canvis degeneratius. Si existeix degeneració i sobrecàrrega del tendó durant un període perllongat, tot el tendó pot tornar-se degeneratiu i pot fallar completament^{38,39}. La prevenció principal per preveure la ruptura del tendó d'Aquil·les consisteix en evitar aquests canvis patològics^{40,41}. Per tant, a més de millorar el dolor i la tolerància a la càrrega de la capacitat funcional, cal mantenir o millorar l'estructura del tendó per evitar-ne la ruptura²⁷.

13. Sembla que la càrrega mecànica indueix canvis de la morfologia macroscòpica, les propietats mecàniques i els paràmetres bioquímics del teixit del tendó⁴². Per tant, sembla que tant l'exercici intens com l'exercici regular augmenten la síntesi de col·lagen humà (Langberg et al.⁴³⁻⁴⁵, Miller et al.⁴⁶), la qual cosa suggereix que el teixit del tendó humà és metabòlicament més actiu, en resposta a l'activitat, del què es creia abans⁴⁷. L'exercici intens augmenta la formació de col·lagen tipus I durant el procés de recuperació, cosa que suggereix que la càrrega física intensa condueix a algun tipus d'adaptació⁴⁸. En els humans, després de l'exercici intens hi ha un augment de la síntesi i la degradació del col·lagen. Durant les primeres 24-36 h aquesta resposta ocasiona una pèrdua de matriu de col·lagen, però això és seguit per una síntesi de la malla 36-72 h després de l'exercici²⁶. En conseqüència s'observa una major síntesi de col·lagen com a part de la resposta d'adaptació del tendó a la càrrega mecànica⁴²; tanmateix, no s'ha demostrat la integració del nou col·lagen a la matriu. El propèptid COOH-terminal de col·lagen tipus I (PICP) és un indicador de la síntesi de col·lagen tipus I. El PICP disminuí inicialment després de l'exercici i es detectà un augment d'aquest marcador de síntesi 72 h després de l'exercici⁴⁸. En humans sans, tant la síntesi com la degradació augmentaren després de 4 setmanes d'entrenament físic que, després d'11 setmanes, només la síntesi de col·lagen i no la degradació del col·lagen s'elevà crònicament⁴⁸.

La idea que el tendó pot hipertrofiar-se en resposta a la càrrega mecànica suggereix que hi ha formació de la xarxa de teixit connectiu⁴⁷. La càrrega a llarg termini (anys) i la càrrega a termini curt relatiu (mesos) indueixen la hipertròfia del tendó. El grau d'hipertròfia és força petit i només es dona en determinades regions del tendó⁴². Tanmateix, això sembla que només és cert en els joves, ja que la renovació del col·lagen després dels 17 anys és limitada (Heinemeier y Kjaer)⁴².

14. Les persones que s'entrenen regularment tenen una àrea de la secció transversal del tendó d'Aquil·les major que altres persones de la mateixa edat (Magnusson i Kjaer⁴⁹; Kongsgaard et al.⁵⁰), fet que denota indirectament una hipertròfia específica de la regió, en resposta a una càrrega perllongada⁴⁷, possiblement durant la càrrega de l'adolescent, quan el tendó pot adaptar-se estructuralment a la càrrega.
15. La potencial adaptació específica de la regió per córrer sembla que és molt més gran en els homes que en les dones. La capacitat del tendó per adaptar-se a la càrrega regular s'atenueja en les dones⁴⁷.
16. S'observa un augment similar en la síntesi de col·lagen que és independent del volum d'exercici (repeticions), cosa que suggereix que hi ha un efecte sostre en la síntesi del col·lagen²⁶.
17. El fet que l'expressió pro col·lagen es reguli de la mateixa manera en el tendó, independentment del tipus de contracció muscular (excèntrica, isomètrica o concèntrica), confirma la idea que la resposta de la síntesi de la proteïna de col·lagen està regulada per la deformació dels fibroblasts²⁶.
18. Respecte a les propietats mecàniques del tendó, gene-

Taula 1 Tractaments i consideracions de diferents estadis de la tendinopatia

Patologia	Tractament	Consideracions
Tendinopatia reactiva	Gestió de la càrrega (reducció). La valoració i la modificació de la intensitat, la durada, la freqüència i el tipus de càrrega són la clau de la intervenció clínica	1. El tendó mostra no adaptació a la càrrega → tornar a la càrrega usada abans dels símptomes: isomètrics 1. Progressió del treball de força: isomètrics 2. Treball funcional dinàmic lent (primer desenvolupament de la força, després de la velocitat) 3. Afegir la resistència que calgui 4. Desenvolupar la compressió 5. Emmagatzemament d'energia i alliberament de la càrrega
Fallada del tendó	Procés d'adaptació a la càrrega → gestió de la càrrega i exercici	Desenvolupament del treball de força: isomètrics Treball funcional dinàmic lent (primer desenvolupament de la força, després de la velocitat) Desenvolupament de la compressió Càrrega elàstica elevada (treball pliomètric)
Tendinopatia degenerativa	Procés d'adaptació a la càrrega → gestió de la càrrega i exercici	La tendinopatia reactiva es defineix relativament aviat
Reactiva sobre degenerativa	Arreglar el tendó reactiu primer i després abordar el component degeneratiu	

Font: Cook i Purdam²⁷.

ralment s'observa un augment de la rigidesa del tendó en resposta a grans volums de càrrega⁴².

Integració dels efectes estructurals de l'exercici en la rehabilitació

19. Els estudis suggereixen que la càrrega apropiada, durant la rehabilitació de la tendinopatia, és el mètode de tractament més important¹⁹. La prescripció d'exercici pot tenir per objectiu la reorganització de la matriu i la síntesi de col·lagen, reduir l'activitat dels tenòcits, afectar la compliància del tendó o tenir un efecte analgèsic¹⁹. La forma en què l'absorció d'energia es distribueix al llarg de la cadena cinètica és important i cada tendinopatia requereix un enfocament holístic en termes de rehabilitació¹⁵. Cada component del programa de rehabilitació, en particular la càrrega, s'ha de fer servir en relació amb la naturalesa, la velocitat i la magnitud de les forces aplicades a la unitat múscul/tendó/os per tal d'assolir els objectius de l'etapa concreta de maneig (taula 1), sense causar una exacerbació de l'estat patològic o dolor. En planificar una estratègia de rehabilitació és fonamental trobar un enfocament que abordi la reeducació de la funció muscular en comptes de considerar el tendó com a unitat aïllada. Bé que l'estímul precoç de la unitat musculotendinosa se centra especialment en l'activació del múscul isomètric, que pot incloure estimulació muscular, la majoria de programes recomanen la progressió a càrregues més elevades guiades per la presentació de símptomes¹⁹. La progressió, a més de la força aïllada i de la hipertròfia precoç, requereix un condicionament funcional de la unitat musculotendinosa, ajustar la càrrega del tendó mitjançant un treball excèntric més ràpid,

abans d'iniciar reptes d'esports específics, com esprintar i retallar¹⁹. La consideració dels efectes corticals de l'exercici en l'escorça motora és crítica.

Efecte de la càrrega sobre el tendó. Objectius segons punts clau

1. Eliminar la causa de la tendinopatia reactiva o reactiva sobre degenerativa (generalment càrrega no acostumada).
2. Reduir el dolor mitjançant la reducció de càrregues elevades.
3. Introducció de càrregues isomètriques que redueixen el dolor en etapes precoces.
4. Adaptar el volum d'entrenament i els períodes de descans a la quantitat que el tendó pot controlar amb seguretat en aquest moment.
5. Augmentar la capacitat de la càrrega del tendó fins al que requereixi la persona, millorant les propietats estructurals i/o mecàniques del tendó.
6. Al final de la progressió, l'esportista hauria de ser capaç d'utilitzar la capacitat elàstica del tendó i haver recuperat la funció de la cadena cinètica adequada al rendiment.

Mètodes que condueixen a assolir l'objectiu segons el punt clau

1. La gestió de la càrrega (reduccions) elimina la causa de tendinopatia reactiva o reactiva sobre la degenerativa²³. La clau de la intervenció clínica és la valoració i la modificació de la intensitat, de la durada, de la freqüència i del tipus de càrrega²³. Sembla que la intensi-

Taula 2 Escala numèrica del dolor i correlació amb la intensitat de l'entrenament

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sense dolor			Dolor lleu		Dolor moderat		Dolor intens, resultat d'una funció modificada			Dolor màxim
Intensitat segura d'entrenament					Intensitat excessiva d'entrenament					

Taula 3 Exemple de seguiment diari i evolució del dolor

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
Setmana 1	5	6	5	5	4	4	5
Setmana 2	5	4	4	5	5	4	4
Setmana 3	5	5	4	4			
Setmana 4	Del dia 2 al 4: incrementat en 10 s isomètric (60")		Del dia 2 al 4: progressió dinàmica lenta (càrrega augmentada)		Del dia 2 al 4: començar dinàmic lent (4x8x4" concèntric + 4" excèntric)		
Setmana 5							
Setmana 6							
Setmana 7							
Setmana 8							
Setmana 9							
Setmana 10							
Setmana 11							
Setmana 12							

tat és la característica més important; per tant, aquest és el primer factor que hauríem de modificar eliminant els pics d'intensitat (és a dir, esprints, sèries, Fartlek, canvis ràpids de direcció, salts explosius). La freqüència és un valor molt flexible que podem emprar per adaptar la càrrega (més o menys hores de descans entre entrenaments, depenent del nivell de dolor del dia següent). Sembla que el volum és la característica menys agressiva, si hi ha prou temps de descans entre els entrenaments; per tant, a les primeres etapes podem mantenir el volum d'entrenament i canviar la intensitat i la freqüència. Si el dolor augmenta el dia després de l'entrenament, hem de valorar si la persona ha de mantenir un entrenament regular o li hem d'adaptar l'entrenament. A vegades, a l'esportista li cal un abordatge diferent de la resta del grup (dies alterns, mig recorregut, treball específic...). El canvi de valor de l'escala de dolor numèric (*Numeric Pain Scale* [NPS]) el dia després de l'entrenament ens diu si la càrrega és tolerada. NPS diària: la NPS no ha d'augmentar en el test de càrrega el dia després de l'entrenament.

2. Els exercicis isomètrics redueixen el dolor a la fase inicial de la rehabilitació o quan es dirigeix un esportista durant la temporada. Els isomètrics han de ser intensos (fins a un 70% de contracció isomètrica voluntària màxima) per a la unitat musculotendinosa i mantenir-lo durant un temps perllongat (per damunt dels 45 s)^{51,52}.

3. La forma en què el tendó respon al volum d'entrenament i als períodes de descans indica si la quantitat de càrrega es troba dins els límits de la càrrega que el tendó pot gestionar amb seguretat. Durant les primeres etapes de la rehabilitació, les càrregues d'emmagatzemament d'alta energia no s'han de repetir abans de les 48 h. Adaptar l'entrenament segons l'NPS observat al dia següent: si l'NPS augmenta, observar 72 h de descans entre entrenaments; si l'NPS no augmenta, mantenir 48 h de descans entre entrenaments; si l'NPS disminueix, es pot augmentar la freqüència o la intensitat de l'entrenament de càrrega elevada.
4. Per augmentar la capacitat de càrrega del tendó per damunt de la requerida per la persona, millorant tant les propietats estructurals com les mecàniques del tendó, hem d'augmentar la capacitat d'absorció de càrrega de la unitat musculotendinosa i la cadena cinètica, mitjançant la càrrega progressiva. Les propietats mecàniques del tendó, inclosa la compliància, milloren més endavant en la rehabilitació, quan es tornen a entrenar els aterratges, el córrer, el canviar el ritme o la direcció, els salts (càrregues d'emmagatzemament d'energia). Els exercicis excèntrics, incorporats a totes les càrregues proposades en aquest treball, sembla que són la millor manera d'estimular la remodelació del teixit.
5. L'objectiu final és que l'esportista sigui capaç d'usar la capacitat elàstica del tendó i hagi recuperat la funció

de la cadena cinètica adequada al rendiment. Exercicis funcionals i exercicis tècnics individuals que impliquen càrregues elevades a velocitat màxima, per aplicar força elevada i assolir velocitat alta, màxima expressió de força en esports en què els tendons han de mostrar la capacitat d'emmagatzemar i alliberar energia de forma funcional i asimptomàtica.

Efecte de la supervisió: dosificació de la càrrega i maneig del dolor segons el nivell de dolor de l'escala de dolor numèric el dia després de l'entrenament

Escala numerada de 0 a 10, en què 0 significa falta de dolor i 10 el nivell més alt de dolor imaginable. El pacient elegeix el nivell que s'adapta millor al seus símptomes, sabent que 7 significa un dolor exagerat que ocasiona una funció modificada. És essencial correlacionar el dolor durant l'entrenament amb el canvi de càrrega en el test del dia següent (taula 2).

Exercicis de progressió

Aquest és un exemple de progressió, que pot variar dependent dels objectius de cada pacient. Els objectius són diferents entre un jugador de voleibol d'elit i un lluitador de cap de setmana. El programa ha de ser exclusiu per a cada persona, ja que les necessitats de cada persona també són úniques. Les parts més exigents d'aquest programa només s'apliquen al rendiment d'alt nivell dels esports de competició (taula 3).

1. A les primeres etapes, mantenim un treball isomètric diari: 4 a 5 isomètrics, mantenint 40 s (de 30 a 60 s) i descansant almenys 1 min i fins a 2 min entre cada un, 3 vegades al dia. Les càrregues altes proporcionen millors resultats. La càrrega ha de ser alta, però s'ha d'evitar la fatiga muscular. La vibració muscular durant l'execució de l'exercici significa que ens apropem a la fatiga i que la càrrega és excessiva. L'exercici s'ha de detenir en aquest moment i cal prendre aquest temps (que és 20, 30, 40 s o qualsevol altra quantitat) com a referència de la progressió.

Sento dolor a les hores següents? No = mantinc i augmento gradualment els temps que sostinc la contracció isomètrica o la càrrega, si resto per sota o igual al nivell de dolor 4, durant 2 o 3 dies. Sí = reduïxo el temps que mantinc la contracció isomètrica.

2. Progressió: començar amb exercicis isotònics lents a dies alterns. Quatre sèries excèntric-concèntric lents, 6-8 repeticions de 4 s concèntric + 4 s excèntric. Augmentar la càrrega (2, 4, 6-12 kg). Descansar 30 s entre sèries. Una vegada al dia, a dies alterns. Mantenir el treball isomètric, alternant exercicis dinàmics lents (treball isomètric un dia, treball dinàmic lent al dia següent; al següent, exercici isomètric...).

Sento més dolor l'endemà? No = augmento la càrrega amb exercicis dinàmics lents cada 2 o 3 dies, quan em situo per sota o igual al nivell de dolor 4, durant 2 o 3 dies. Sí = reduïxo la càrrega amb exercicis dinàmics lents.

3. Després augmento la velocitat amb exercicis funcionals quan la força de base és adequada.

Tinc més dolor l'endemà? No = augmento la velocitat dels exercicis funcionals cada 2 o 3 dies, quan em situo per sota o a igual al nivell de dolor 4. Sí = reduïxo la velocitat dels exercicis funcionals.

Mantenir els exercicis de força.

4. Progressió: afegir exercicis dinàmics ràpids cada 3 dies. Tres sèries de contracció concentricocèntrica ràpida (explosiu), 6-8 repeticions. Descansar 2 min entre sèries. Una vegada al dia, cada 3 dies. Alternança de treball dinàmic ràpid amb treball dinàmic i isomètric lent (un dia dinàmic ràpid, al dia següent dinàmic lent, a l'altre dia isomètric, després una altra vegada dinàmic ràpid...).

Tinc més dolor l'endemà? Sí = reduïxo el nombre d'exercicis d'emmagatzematge d'energia. No = incremento la quantitat d'exercicis d'emmagatzematge d'energia cada 5-6 dies.

Mantenir els exercicis de força

Discussió

Les tendinopaties d'Aquil·les i rotular són les tendinopaties més comunes a les extremitats inferiors. No existeix un tractament ideal per gestionar-les. Cal investigar més per determinar quina és la millor estratègia terapèutica per ajudar els pacients que pateixen tendinopatia.

D'altra banda, hi ha una sèrie de programes d'exercicis eficaços per a les tendinopaties d'Aquil·les i rotular. L'entrenament excèntric és el més utilitzat. Primer fou formulat per Alfredson et al.⁵³. Revisions sistemàtiques han avaluat els resultats de la càrrega excèntrica del tendó lesionat de tendinopatia i han conclòs que els resultats són encoratjadors, però falta evidència de qualitat elevada^{54,55}.

Segons la nostra experiència, els resultats obtinguts per pacients esportistes (professionals i no professionals) d'un programa d'exercici excèntric aïllat són mediocres.

Malliaras et al.¹⁶ van dur a terme una revisió sistemàtica d'estudis que comparaven dos o més programes de càrrega de tendinopatia d'Aquil·les i rotular. Les seves conclusions recomanen tenir en compte els exercicis excèntrics i concèntrics.

Hi ha estudis que recomanen un programa de resistència pesada lenta (*Heavy Slow Resistance* [HSR]) per tractar la tendinopatia de les extremitats inferiors^{56,57}. Cal tenir en compte que l'entrenament d'exercici excèntric produeix una elongació lenta de la unitat musculotendinosa mentre està sota càrrega i l'entrenament de resistència lenta i pesada consisteix en una sèrie d'exercicis en què la repetició s'executa lentament (> 6 s) tant en la fase excèntrica com en la concèntrica. En aquests estudis, el programa HSR as-

solí el mateix dolor i millora de la funció (puntuació VISA) que el programa excèntric d'Alfredson, però amb una satisfacció del pacient significativament major en els 6 mesos de seguiment. Aquesta millora s'esdevingué amb un augment de col·lagen en el grup HSR. Aquestes dades permeten recomanar el programa HSR com una alternativa a l'entrenament excèntric en la rehabilitació de la tendinopatia d'Aquil·les i rotular.

S'han suggerit exercicis isomètrics per reduir i tractar el dolor del tendó rotular³⁵ i per iniciar la càrrega de la unitat musculotendinosa quan el dolor limita la capacitat de practicar exercicis isotònics¹⁸. S'ha demostrat que una mitjana de cinc repeticions de 45 s d'exercici isomètric del quàdriceps, al 70% de la contracció voluntària màxima, redueix el dolor del tendó rotular després de 45 min de l'exercici, i això també es relaciona amb una reducció de la inhibició de l'escorça motora del quàdriceps que s'associà amb la tendinopatia rotular³⁶.

Alguns autors recomanen incloure activitats funcionals (com exercicis de velocitat i salts) en els protocols de rehabilitació de tendinopaties de pacients esportistes. Però encara no s'han implementat a la literatura científica^{58,59}.

En aquest sentit, el protocol d'exercicis progressius presentat en aquest article considera els exercicis isomètrics i de força (concèntrics i excèntrics). La innovació rau en la incorporació d'exercicis de força funcional, velocitat i salts per adaptar el tendó a la capacitat d'emmagatzemar i alliberar energia. Segons la nostra experiència clínica, incorporar aquests exercicis és molt important en la rehabilitació de la tendinopatia rotular i d'Aquil·les de pacients esportistes.

Conclusió

Aquest protocol pot ser útil per millorar els símptomes i la funció de les tendinopaties d'Aquil·les i rotular. Hem presentat els exercicis i la progressió del protocol que estem utilitzant a la nostra pràctica clínica durant els darrers 7 anys. Els nostres pacients obtenen resultats positius, però només és un protocol. Calen assaigs clínics aleatoritzats per demostrar-ne l'eficàcia, idear un model adequat de dosi-resposta i determinar-ne els efectes a llarg termini.

Conflicte d'interessos

Els autors declaren que no tenen cap conflicte d'interessos.

Apèndix A. Dades suplementàries

Les dades suplementàries associades a aquest article es troben a la versió en línia, a doi:10.1016/j.apunts.2017.11.005.

Bibliografia

- Lopes AD, Hespanhol Júnior LC, Yeung SS, Costa LO. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A systematic review. *Sports Med.* 2012;42:891-905.
- Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of Jumper's knee among non-elite athletes from different sports: A cross-sectional survey. *Am J Sports Med.* 2011;39:1984-8.
- De Jonge S, van den Berg C, de Vos RJ, van der Heide HJ, Weir A, Verhaar JA, et al. Incidence of mid-portion Achilles tendinopathy in the general population. *Br J Sports Med.* 2011;45:1026-8.
- Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: What is its merit in clinical practice and research? *Br J Sports Med.* 2016;50:1187-91.
- Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: A cross-sectional study. *Am J Sports Med.* 2005;33:561-7.
- de Jonge S, van den Berg C, de Vos RJ, van der Heide HJ, Weir A, Verhaar JA, et al. Incidence of midportion Achilles tendinopathy in the general population. *Br J Sports Med.* 2011;45:1026-8.
- Khan KM, Bonar F, Desmond PM, Cook JL, Young DA, Visentini PJ, et al. Patellar tendinosis (jumper's knee): Findings at histopathologic examination. US and MR imaging. *Radiology.* 1996;200:821-7.
- Danielson P. Reviving the "biochemical" hypothesis for tendinopathy: New findings suggest the involvement of locally produced signal substances. *Br J Sports Med.* 2009;43:265-8.
- Kingma JJ, de Knikker R, Wittink HM, Takken T. Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: A systematic review. *Br J Sports Med.* 2007;41:e3-5.
- Rowe V, Hemmings S, Barton C, Malliaras P, Maffulli N, Morrissey D. Conservative management of midportion Achilles tendinopathy: A mixed methods study, integrating systematic review and clinical reasoning. *Sports Med.* 2012;42:941-67.
- Woodley BL, Newsham-West RJ, Baxter GD. Chronic tendinopathy: Effectiveness of eccentric exercise. *Br J Sports Med.* 2007;41:188-98.
- Meyer A, Tumilty S, Baxter GD. Eccentric exercise protocols for chronic non-insertional Achilles tendinopathy: How much is enough? *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19:609-15.
- Satyendra L, Byl N. Effectiveness of physical therapy for Achilles tendinopathy: An evidence based review of eccentric exercises. *Isokinet Exerc Sci.* 2006;14:71-80.
- 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 randomised controlled trial. *Clin J Sport Med.* 2005;15:225-34.
- Gaida JE, Cook J. Treatment options for patellar tendinopathy: Critical review. *Curr Sports Med Rep.* 2011;10:255-70.
- Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: A systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports Med.* 2013;43:267-86.
- Sayana MK, Maffulli N. Eccentric calf muscle training in non-athletic patients with Achilles tendinopathy. *J Sci Med Sports.* 2007;10:52-8.
- Cook JL, Purdam CR. The challenge of managing tendinopathy in competing athletes. *Br J Sports Med.* 2014;48:506-9.
- Scott A, Docking S, Vicenzino B, Alfredson H, Murphy RJ, Carr AJ, et al. Sports and exercise-related tendinopathies: A review of selected topical issues by participants of the second International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS) Vancouver 2012. *Br J Sports Med.* 2013;47:536-44.
- Van der Worp H, Zwerver J, Kuijer PP, Frings-Dresen MH, van den Akker-Scheek I. The impact of physically demanding work of basketball and volleyball players on the risk for patellar tendinopathy and on work limitations. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2011;24:49-55.
- Franceschi F, Papalia R, Paciotti M, Franceschetti E, di Martino A, Maffulli N, et al. Obesity as a risk factor for tendinopathy: A systematic review. *Int J Endocrinol.* 2014;2014: 670262.

22. Oliva F, Berardi AC, Misiti S, Maffulli N. Thyroid hormones and tendon: Current views and future perspectives, concise review. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2013;3:201-3 [revisió].
23. Magnan B, Bondi M, Pierantoni S, Samaila E. The pathogenesis of Achilles tendinopathy: A systematic review. *Foot Ankle Surg.* 2014;20:154-9.
24. Rabin A, Kozol Z, Finestone AS. Limited ankle dorsiflexion increases the risk for mid-portion Achilles tendinopathy in infantry recruits: A prospective cohort study. *J Foot Ankle Res.* 2014;7:48.
25. De Vries AJ, van der Worp H, Diercks RL, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. Risk factors for patellar tendinopathy in volleyball and basketball players: A survey-based prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports.* 2014.
26. Magnusson SP, Langberg H, Kjaer M. The pathogenesis of tendinopathy: Balancing the response to loading. *Nat Rev Rheumatol.* 2010;6:262-8.
27. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2009;43:409-16.
28. Khan K, Scott A. Mechanotherapy: How physical therapists' prescription of exercise influences tissue repair. *Br J Sports Med.* 2009;43:247-52.
29. Mahieu NN, McNair P, Cools A, d'Haen C, Vandermeulen K, Witvrouw E. Effect of eccentric training on the plantar flexor muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:117-23.
30. Witvrouw E, Mahieu N, Roosen P, McNair P. The role of stretching in tendon injuries. *Br J Sports Med.* 2007;41:224-6.
31. Naugle KM, Fillingim RB, Riley JL 3rd. A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *J Pain.* 2012;13: 1139-50.
32. De Vos RJ, Weir A, Tol JL, Verhaar JA, Weinans H, van Schie HT. No effects of PRP on ultrasonographic tendon structure and neovascularisation in chronic midportion Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2011;45:387-92.
33. Van der Plas A, de Jonge S, de Vos RJ, van der Heide HJ, Verhaar JA, Weir A, et al. A 5-year follow-up study of Alfredson's heel-drop exercise programme in chronic midportion Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2012;46:214-8.
34. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, Gaida J, Docking S, Purdam C, et al. Tendon neuroplastic training: Changing the way we think about tendon rehabilitation: A narrative review. *Br J Sports Med.* 2016;50:209-15.
35. Van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, et al. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *J Sci Med Sport.* 2016;19:702-6.
36. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, Cook J. Elevated corticospinal excitability in patellar tendinopathy compared with other anterior knee pain or no pain. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26:1072-9.
37. Kannus P, Józsa L. Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:1507-25.
38. Tallon C, Maffulli N, Ewen SW. Ruptured Achilles tendons are significantly more degenerated than tendinopathic tendons. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33:1983-90.
39. Kongsgaard M, Aagaard P, Kjaer M, Magnusson SP. Structural Achilles tendon properties in athletes subjected to different exercise modes and in Achilles tendon rupture patients. *J Appl Physiol.* 2005;99:1965-71.
40. Maffulli N, Ajis A. Management of chronic ruptures of the Achilles tendon. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90:1348-60.
41. Hess GW. Achilles tendon rupture: A review of etiology, population, anatomy, risk factors, and injury prevention. *Foot Ankle Spec.* 2010;3:29-32.
42. Heinemeier KM, Kjaer M. In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2011;11:115-23.
43. Langberg H, Skovgaard D, Petersen LJ, Bulow J, Kjaer M. Type I collagen synthesis and degradation in peritendinous tissue after exercise determined by microdialysis in humans. *J Physiol.* 1999;521 Pt 1:299-306.
44. Langberg H, Skovgaard D, Asp S, Kjaer M. Time pattern of exercise-induced changes in type I collagen turnover after prolonged endurance exercise in humans. *Calcif Tissue Int.* 2000;67:41-4.
45. Langberg H, Rosendal L, Kjaer M. Training-induced changes in peritendinous type I collagen turnover determined by microdialysis in humans. *J Physiol.* 2001;534 Pt 1:297-302.
46. Miller BF, Olesen JL, Hansen M, Døssing S, Crameri RM, Welling RJ, et al. Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. *J Physiol.* 2005;567 Pt 3:1021-33.
47. Westh E, Kongsgaard M, Bojsen-Møller J, Aagaard P, Hansen M, Kjaer M, et al. Effect of habitual exercise on the structural and mechanical properties of human tendon, in vivo, in men and women. *Scand J Med Sci Sports.* 2008;18:23-30.
48. Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev.* 2004;84:649-98.
49. Magnusson SP, Kjaer M. Region-specific differences in Achilles tendon cross-sectional area in runners and non-runners. *Eur J Appl Physiol.* 2003;90:549-53.
50. Kongsgaard M, Aagaard P, Kjaer M, Magnusson SP. Structural Achilles tendon properties in athletes subjected to different exercise modes and in Achilles tendon rupture patients. *J Appl Physiol* (1985). 2005;99:1965-71.
51. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2015;49: 1277-83.
52. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, et al. Isometric contractions are more analgesic than isotonic contractions for patellar tendon pain: An in-season randomized clinical trial. *Clin J Sport Med.* 2017;27:253-9.
53. Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med.* 1998;26:360-6.
54. Habets B, van Cingel RE. Eccentric exercise training in chronic mid-portion Achilles tendinopathy: A systematic review on different protocols. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25:3-15.
55. 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.* 2012;6:553-7.
56. Beyer R, Kongsgaard M, Hougs Kjær B, Øhlenschläger T, Kjær M, Magnusson SP. Heavy slow resistance versus eccentric training as treatment for Achilles tendinopathy: A randomized controlled trial. *Am J Sports Med.* 2015;43:1704-11.
57. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19: 790-802.
58. Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar tendinopathy: Clinical diagnosis, load management, and advice for challenging case presentations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45:887-98.
59. Scattono Silva R, Ferreira AL, Nakagawa TH, Santos JE, Serrão FV. Rehabilitation of patellar tendinopathy using hip extensor strengthening and landing-strategy modification: Case report with 6-month follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015;45:899-909.