

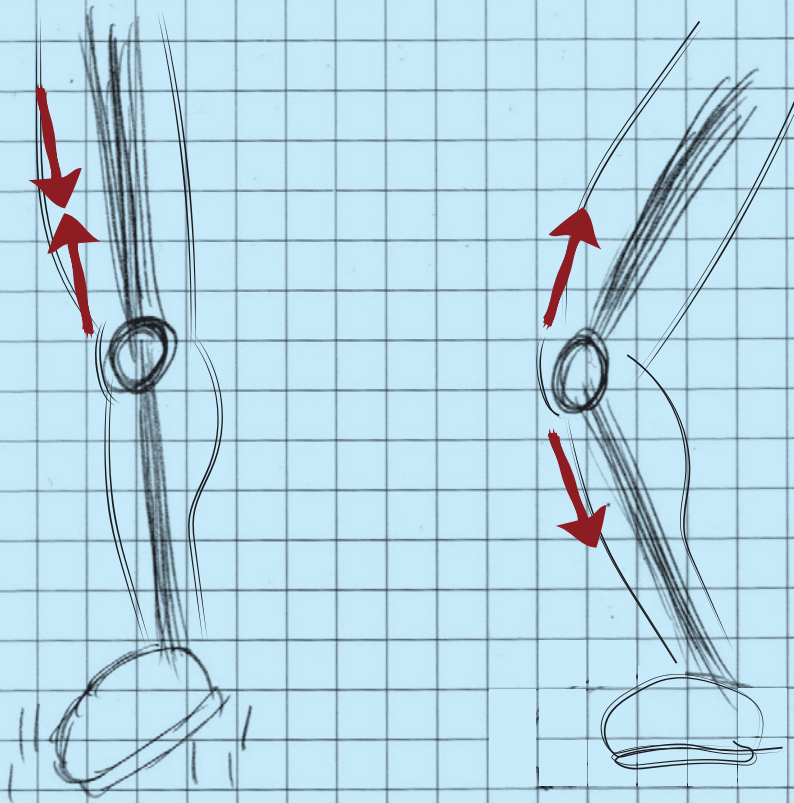
TENDINOPATIA ROTULIANA CRÒNICA EN ESPORTISTES:

EFFECTES DE L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA AMB SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA

Gabriel Gual Crespí

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquest document i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a RECERCAT (framing)

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de este documento y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y título. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a RECERCAT (framing).



UIC
barcelona

UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA
FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT

TENDINOPATIA ROTULIANA CRÒNICA EN ESPORTISTES:

EFFECTES DE L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA AMB SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA

TESI DOCTORAL

Gabriel Gual Crespi

DOCTORAT EN FISIOTERÀPIA

DOCTORAND

GABRIEL GUAL CRESPI. MÀSTER EN FISIOTERÀPIA. PROFESSOR DE LA FACULTAT D'INFERMERIA I FISIOTERÀPIA, UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS.

DIRECTOR

DANIEL ROMERO RODRÍGUEZ. DOCTOR EN CIÈNCIES DE L'ACTIVITAT FÍSICA I L'ESPORT. PROFESSOR DE L'ESCOLA UNIVERSITÀRIA DE LA SALUT I L'ESPORT (EUSES), UNIVERSITAT DE GIRONA.

CO-DIRECTOR

ANTONI AGUILÓ PONS. DOCTOR EN CIÈNCIES MÈDIQUES BÀSIQUES. PROFESSOR DE LA FACULTAT D'INFERMERIA I FISIOTERÀPIA, UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS.

TUTORA

CARITAT BAGUR CALAFAT. DOCTORA EN CIÈNCIES DE L'ACTIVITAT FÍSICA I L'ESPORT. PROFESSORA DE LA FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT, UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA.



UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA
FACULTAT DE MEDICINA I CIÈNCIES DE LA SALUT

TESIS DOCTORAL

TENDINOPATIA ROTULIANA
CRÒNICA EN ESPORTISTES:
EFECTES DE L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA
AMB SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA

TESI DOCTORAL

Gabriel Gual Crespi

DOCTORAT EN FISIOTERÀPIA (RD 1393/2007)

DIRECTOR: **DR. DANIEL ROMERO RODRÍGUEZ**
CO-DIRECTOR: **DR. ANTONI AGUILÓ PONS**
TUTORA: **DRA. CARITAT BAGUR CALAFAT**

PRESENTACIÓ

Què puc fer millor abans de presentar aquest treball que sincerarme. Doncs bé, ho he de reconèixer, tinc una addicció*. Sóc addicte a l'activitat física.

Tanmateix no és aquest el motiu que em va portar a escollir el tema d'estudi d'aquesta tesi. Una dècada enrere, durant el curs acadèmic 2004-05, amb l'estímul del meu director de tesi, el Dr. Daniel Romero Rodríguez –i alhora influenciat també per un fisioterapeuta pioner en l'abordatge clínic de les tendinopaties, el Dr. Jose Manuel Sánchez Ibáñez, i per un preparador físic expert en l'entrenament de la força, el Dr. Julio Tous Fajardo–, vaig decidir investigar sobre la tendinopatia rotuliana (TR) en esportistes. Una vegada em vaig endinsar en el camp de les tendinopaties, i en concret la del tendó rotulià, llegint, re-llegint, subratllant i comentant els articles disponibles, vaig poder copsar com l'exercici físic agafava força en relació a l'evidència científica aportada en vers al seu tractament. Aquests són el motius pels quals durant aquests anys he pogut gaudir del treball d'investigació directament vinculat amb la meua addicció.

El document que aquí presento està estructurat de tal manera que el lector pugui aprofundir en els diferents àmbits de coneixement en relació a la lesió del tendó rotulià, així com els efectes que l'exercici físic pot tenir en la mateixa.

Amb l'esperança que els dos treballs de camp que he realitzat durant aquests anys puguin servir per augmentar el coneixement sobre el

* Hipèrbole utilitzada per tal d'expressar de manera exagerada que l'activitat física forma part del meu *modus vivendi*.

tractament i la prevenció de la TR, presento aquesta tesi doctoral elaborada a mode de compendi de publicacions.

Cites per a la reflexió:

Abans d'entrar en matèria m'agradaria introduir dues cites que m'han portat a reflexionar al voltant de la recerca. Una està associada a les exigències soci-econòmiques del món en què vivim, les quals també afecten a la recerca; i l'altra, amb ànim crític vers als qui tendeixen a magnificar els resultats aconseguits en un estudi científic, pensant que s'ha descobert la veritat més absoluta.

«El hecho de que la competencia de un investigador se mida, en la mayor parte de ocasiones, por la cantidad y no la calidad de sus publicaciones es un problema creciente y preocupante que termina por afectarnos a todos.»

Julio Tous Fajardo. (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Barcelona: Ergo.

«Sólo puede extraerse una conclusión: la Ciencia no es ni será nunca omnisciente. La naturaleza probabilística de la Mecánica Cuántica (aunque la función de onda es determinista) y la íntima relación de la vida con el azar hacen que la Ciencia sólo pueda alcanzar en general una visión probabilística del mundo, algo muy lejano a la omnisciencia. La Ciencia nunca lo sabrá todo. El Ser nunca nos dirá todo a través de la Ciencia, sino que se reservará siempre algo, hagamos lo que hagamos por descubrirlo, y quizá ese algo sea lo más importante. Quién sabe.»

Javier Peteiro Cartelle. (2010). El autoritarismo científico. Málaga: Miguel Gómez Ediciones.

ÍNDEX

TÍTOL DE LA TESI	12
LLISTAT D'ABREVIATURES	13
RESUM DE LA TESI	14
RESUM DE LA TESI (Català)	14
RESUMEN DE LA TESIS (Castellano)	17
THESIS ABSTRACT (English)	20
ESTAT DE LA QÜESTIÓ	23
PRESENTACIÓ I FUNCIO DELS TENDONS	23
LA LESIÓ DEL TENDÓ ROTULIÀ	27
FISIOPATOLOGIA DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	28
EPIDEMIOLOGIA DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	31
BIOMECÀNICA DEL TENDÓ ROTULIÀ EN RELACIÓ A LA TENDINOPATIA ROTULIANA	32
FACTORS DE RISC DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	36
TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	38
PREVENCIÓ DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	41
L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA I LA FASE EXCÈNTRICA	43
EFECTES DE L'ENTRENAMENT EXCÈNTRIC EN LA TENDINOPATIA ROTULIANA	49
LA RESISTÈNCIA INERCIAL I LA SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA	56
JUSTIFICACIÓ	61
HIPÒTESI I OBJECTIUS	64

METODOLOGIA	65
DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA METODOLOGIA UTILITZADA	65
DADES RELATIVES A LA PUBLICACIÓ DEL PRIMER ESTUDI	66
RESUM DEL PRIMER ESTUDI	67
CÒPIA DE L'ARTICLE PUBLICAT DEL PRIMER ESTUDI	69
DADES RELATIVES A LA PUBLICACIÓ DEL SEGON ESTUDI	110
RESUM DEL SEGON ESTUDI	111
CÒPIA DE L'ARTICLE PUBLICAT DEL SEGON ESTUDI	113
DISCUSSIÓ	155
ESTUDI-1: INTERPRETACIÓ I LIMITACIONS	155
LES ACCIONS MUSCULARS EN EL TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	158
EQUIPAMENT UTILITZAT EN ELS PROGRAMES D'ENTRENAMENT PER AL TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA	160
LA VELOCITAT D'EXECUCIÓ DE LES ACCIONS MUSCULARS	164
PARÀMETRES DE PROGRAMACIÓ EN LES INTERVENCIIONS: DURADA, FREQUÈNCIA, VOLUM I DENSITAT	166
CONTROL DEL DOLOR I LIMITACIÓ DE LA PRÀCTICA ESPORTIVA DURANT LA INTERVENCIÓ	168
PREVENCIÓ DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA, RENDIMENT ESPORTIU I MESURES COMPLEMENTÀRIES	170
CONCLUSIONS	173
FUTURES LÍNIES D'INVESTIGACIÓ	174
BIBLIOGRAFIA	175
AGRAÏMENTS	193
ANNEXES	196

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Classificació dels diferents factors de risc associats a la TR	36
Taula 2. Nivell d'evivència en relació a les diferents tècniques de tractament de la TR	39

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Imatges microscòpiques de tendons rotulians sotmesos a diferents càrregues	24
Figura 2. Representació teòrica de la corba tensió-deformació del tendó	25
Figura 3. Teoria de l'iceberg	29
Figura 4. Imatges ecogràfiques longitudinals d'alta resolució del tendó rotulià	30
Figura 5. Representació gràfica del moment de força a nivell del tendó rotulià en l'instant de la ruptura	33
Figura 6. Representació gràfica de l'augment de la deformació d'un teixit sotmès a una mateixa càrrega de forma repetitiva	35
Figura 7. Procediment per a l'aplicació de la tècnica Electròlisi Percutània Intratissular®	41
Figura 8. Exercicis utilitzats com a entrenament preventiu de la TR	42
Figura 9. Esquema il·lustratiu de les diferents situacions d'estirament muscular	45
Figura 10. Proposta per al mecanisme de regulació basat en l'associació entre la titina i l'actina	46
Figura 11. Classificació de les accions musculars excèntriques en l'esport	48
Figura 12. Representació esquemàtica de les fases excèntrica i concèntrica durant l'execució d'un squat	50
Figura 13. Característiques dels programes d'entrenament per al tractament de la tendinopatia Aquília i la TR amb major influència científica	52
Figura 14. Efectes sobre el tendó de les diferents càrregues mecàniques aplicades	54

Figura 15. Hipòtesi sobre les respostes adaptatives a nivell de la matriu extracel·lular del múscul sotmès a càrregues excèntriques	55
Figura 16. Dispositiu de resistència inercial flywheel	56
Figura 17. Esquema del funcionament de la tecnologia YoYo	57
Figura 18. Representació gràfica de la sobrecàrrega excèntrica	58
Figura 19. Gràfiques comparatives: aparell de pesos tradicional i equipament amb tecnologia inercial YoYo	59
Figura 20. Proposta de programa d'entrenament de la força pel tractament de la TR	62
Figura 21. Imatge de la premsa de cames YoYo	163
Figura 22. Representació esquemàtica de la síntesi i degradació de col·lagen	167

TÍTOL DE LA TESI

Tendinopatia rotuliana crònica en esportistes: efectes de l'entrenament de la força amb sobrecàrrega excèntrica.

LLISTAT D'ABREVIATURES

ADM: amplitud de moviment.

AVD: activitats de la vida diària.

CG: grup control (*control group*).

CMJ: salt vertical amb contra-moviment (*counter-movement-jump*).

EEl: extremitats inferiors.

EMG: electromiografia.

HSR: entrenament de la força d'alta resistència i baixa velocitat (*heavy slow resistance training*).

IG: grup intervenció (*intervention group*).

MTC: complex muscular-tendinós (*muscle-tendon complex*)

RCT: assaig controlat i aleatoritzat (*randomised controlled trial*).

RM: repetició màxima.

SR: revisió sistemàtica (*systematic review*).

SSC: cicle d'estirament-escurçament (*stretch-shortening-cycle*).

TR: tendinopatia rotuliana.

VAS: escala analògica visual de dolor (*visual analogue scale of pain*).

VISA-p: qüestionari del *Victorian Institute of Sport Assessment* pel tendó rotulià.

RESUM DE LA TESI

RESUM DE LA TESI (Català)

Títol:

Tendinopatia rotuliana crònica en esportistes: efectes de l'entrenament de la força amb sobrecàrrega excèntrica.

Antecedents:

La tendinopatia rotuliana (TR) afecta molts esportistes, especialment aquells que han de realitzar accions de salt durant la seva pràctica. En la TR es dona una situació paradoxal en la qual el treball muscular executat durant la fase excèntrica d'una determinada acció pot ser el causant de la lesió del tendó alhora que també sembla tenir un efecte terapèutic rellevant. La tesi que aquí es presenta té com a objectiu avaluar els efectes de l'entrenament de la força amb sobrecàrrega excèntrica mitjançant resistències inercials en esportistes afectats o amb risc de patir una TR.

Mètode:

Es realitzaren dos estudis longitudinals (Estudi-1 i Estudi-2) utilitzant diferents mostres d'esportistes afectats o amb risc de patir una TR. L'Estudi-1 és un estudi prospectiu sobre una sèrie de 10 casos d'esportistes crònicament afectats per la TR (i.e. 15 tendons degut a que 5 esportistes presentaven una afectació bilateral). L'Estudi-2

és un assaig controlat i aleatoritzat (RCT) que va comptar amb la participació de 8 equips de bàsquet i voleibol –els dos esports amb la major prevalença de TR–. En ambdós estudis es prengueren mesures clíniques –a través de l'escala analògica visual de dolor (VAS) i del qüestionari del *Victorian Institute of Sport Assessment* pel tendó rotulià (VISA-p)– i funcionals –a través del test de salt vertical amb contra-moviment (CMJ) i de proves de força/potència muscular de l'aparell extensor del genoll–. La intervenció en forma de programa d'entrenament de força en cadascun dels estudis difereix quant als aspectes relatius a l'exercici a realitzar (Estudi-1: premsa de cames; Estudi-2: *squat*), la freqüència d'administració (Estudi-1: x2/setmana; Estudi-2: x1/setmana) i la durada de la intervenció (Estudi-1: 6 setmanes; Estudi-2: 24 setmanes); no obstant, els dos estudis coincideixen tant en el tipus de resistència utilitzada durant la tasca (i.e. inercial), com en el volum de treball realitzat (i.e. 4x8) i el mètode emprat per tal d'aconseguir la sobrecàrrega excèntrica (i.e. concentrar l'esforç muscular de frenada durant l'últim terç de moviment articular de la fase excèntrica). A més, la resistència inercial emprada en els dos estudis, a part d'oferir la possibilitat de treballar amb sobrecàrrega excèntrica, permet desenvolupar elevades intensitats de força durant la transició excèntrica-concèntrica muscular [i.e. cicle d'estirament-escurçament (SSC)].

Resultats:

Els resultats de l'Estudi-1 indiquen un augment de la força excèntrica de quàdriceps ($p < 0,05$) i una millora dels símptomes de la TR (i.e. VAS i VISA-p, $p < 0,01$). No obstant, no es varen obtenir diferències significatives a nivell del test CMJ. En relació a l'Estudi-2, els resultats assenyalen un increment de la potència de quàdriceps, tant en la seva manifestació excèntrica ($p < 0,01$) com concèntrica ($p < 0,01$), així com en el test CMJ ($p < 0,05$). A nivell clínic no s'obtenen diferències entre el grup control (CG) i el grup intervenció (IG), on s'observa que

la simptomatologia del tendó rotulià no va variar en el IG després d'haver realitzat la sessió setmanal d'entrenament de força de quàdriceps amb sobrecàrrega excèntrica. D'altra banda, cap dels 8 equips implicats va sofrir la baixa d'un esportista degut a TR.

Conclusions:

Els resultats obtinguts en ambdós estudis són favorables a la utilització de programes d'entrenament de la força a través de la sobrecàrrega excèntrica de quàdriceps exercida mitjançant resistències inercials en esportistes afectats o amb risc de patir una TR. Tenint en compte els resultats del qüestionari VISA-p, podem afirmar que els efectes positius en relació al rendiment físic dels esportistes es donen sense provocar molèsties a nivell del tendó rotulià. Degut a la manca d'incidència lesiva de TR durant la temporada competitiva en l'Estudi-2, no és possible inferir cap efecte preventiu.

Paraules clau:

Tendinopatia, tendinopatia rotuliana, excèntric, sobrecàrrega excèntrica, resistència inercial, esport, bàsquet, voleibol, tractament, prevenció.

RESUMEN DE LA TESIS (Castellano)

Título:

Tendinopatía rotuliana crónica en deportistas: efectos del entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica.

Antecedentes:

La tendinopatía rotuliana (TR) afecta a muchos deportistas, especialmente a los que tienen que realizar acciones de salto durante su práctica. En la TR se da una situación paradójica en la que el trabajo muscular ejecutado durante la fase excéntrica de una determinada acción puede ser el causante de la lesión del tendón al mismo tiempo que parece tener un efecto terapéutico relevante. La tesis que aquí se presenta tiene por objetivo evaluar los efectos del entrenamiento de la fuerza con sobrecarga excéntrica mediante resistencias inerciales en deportistas afectados o con riesgo de sufrir una TR.

Método:

Se realizaron dos estudios longitudinales (Estudio-1 y Estudio-2) utilizando diferentes muestras de deportistas afectados o con riesgo de sufrir una TR. El Estudio-1 es un estudio prospectivo sobre una serie de 10 casos de deportistas crónicamente afectados por la TR (i.e. 15 tendones debido a que 5 deportistas presentaban una afectación bilateral). El Estudio-2 es un ensayo controlado y aleatorizado (RCT) que contó con la participación de 8 equipos de baloncesto y voleibol –los dos deportes con mayor prevalencia de TR-. En ambos estudios se tomaron medidas clínicas –a través de la escala analógica visual

de dolor (VAS) y del cuestionario del *Victorian Institute of Sport Assessment* para el tendón rotuliano (VISA-p)– y funcionales –a través del test de salto vertical con contra-movimiento (CMJ) y de pruebas de fuerza/potencia muscular del aparato extensor de la rodilla–. La intervención en forma de programa de entrenamiento de fuerza en cada uno de los estudios difiere en cuanto a los aspectos relativos al ejercicio a realizar (Estudio-1: prensa de piernas; Estudio-2: *squat*), la frecuencia de administración (Estudio-1: x2/semana; Estudio-2: x1/semana) y la duración de la intervención (Estudio-1: 6 semanas; Estudio-2: 24 semanas); no obstante, los dos estudios coinciden tanto en el tipo de resistencia utilizada durante la tarea (i.e. inercial), como en el volumen de trabajo realizado (i.e. 4x8) y el método utilizado para conseguir la sobrecarga excéntrica (i.e. concentrar el esfuerzo muscular de frenada durante el último tercio de movimiento articular de la fase excéntrica). Además, la resistencia inercial utilizada en los dos estudios, aparte de ofrecer la posibilidad de trabajar con sobrecarga excéntrica, permite desarrollar elevadas intensidades de fuerza durante la transición excéntrica-concéntrica muscular [i.e. ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC)].

Resultados:

Los resultados del Estudio-1 indican un aumento de la fuerza excéntrica de cuádriceps ($p < 0,05$) y una mejora de los síntomas de la TR (i.e. VAS y VISA-p, $p < 0,01$). No obstante, no se obtuvieron diferencias significativas a nivel del test CMJ. En relación al Estudio-2, los resultados señalan un incremento de la potencia de cuádriceps, tanto en su manifestación excéntrica ($p < 0,01$) como concéntrica ($p < 0,01$), así como en el test CMJ ($p < 0,05$). A nivel clínico no se obtienen diferencias entre el grupo control (CG) y el grupo intervención (IG), donde se observa que la sintomatología del tendón rotuliano no varió en el IG después de haber realizado la sesión semanal de entrenamiento de fuerza de cuádriceps con sobrecarga excéntrica.

Por otra parte, ninguno de los 8 equipos implicados sufrió la baja de un deportista debido a TR.

Conclusiones:

Los resultados obtenidos en ambos estudios son favorables a la utilización de programas de entrenamiento de la fuerza a través de la sobrecarga excéntrica de cuádriceps ejercida mediante resistencias inerciales en deportistas afectados o con riesgo de sufrir una TR. Teniendo en cuenta los resultados del cuestionario VISA-p, podemos afirmar que los efectos positivos en relación al rendimiento físico de los deportistas se dan sin provocar molestias a nivel del tendón rotuliano. Debido a la ausencia de incidencia lesiva de TR durante la temporada competitiva en el Estudio-2, no es posible inferir ningún efecto preventivo.

Palabras clave:

Tendinopatía, tendinopatía rotuliana, excéntrico, sobrecarga excéntrica, resistencia inercial, deporte, baloncesto, voleibol, tratamiento, prevención.

THESIS ABSTRACT (English)

Title:

Chronic patellar tendinopathy in athletes: the effects of strength training programs with eccentric overload.

Background:

Patellar tendinopathy (TR) affects many athletes, especially those whose sport requires the execution of jumps. TR occurs in a paradoxical situation in which the muscle work performed during the eccentric phase of an action may be the cause of the tendon injury while it also seems to have a significant therapeutic effect. This thesis aims to evaluate the effects of strength training using inertial resistance to create eccentric overload on athletes affected or at risk of TR.

Methodology:

Two longitudinal studies were done (Study-1 and Study-2) using different samples of athletes affected or at risk of TR. Study-1 was a prospective study of a series of 10 cases of athletes chronically affected by the TR (i.e. 15 tendons because five athletes had a bilateral affection). Study-2 was a randomized controlled trial (RCT) with the participation of eight basketball and volleyball teams –the two sports with the highest prevalence of TR–. Clinical measures were taken in both studies through the pain visual analogue scale (VAS) and the Victorian Institute of Sport Assessment questionnaire for the patellar tendon (VISA-p). Functional measurements were also taken through

the vertical counter-movement jump test (CMJ) and knee extensor muscular strength/power. Different strength training interventions were used in each study varying in the type of exercise executed (Study-1: leg-press, Study-2: squat), the frequency of administration (Study-1: x2/week, Study-2: x1/week) and the duration of the intervention (Study-1: 6 weeks, Study-2: 24 weeks). However, both studies used the same type of resistance during the task (i.e. inertial), participants executed the same amount of work (i.e. 4x8) and the same method was followed to achieve the eccentric overload (i.e. concentrated the muscular effort of braking the articular movement during the last third of the eccentric phase). In addition, the inertial resistance used in both studies, apart from offering the possibility of working with eccentric overload, also allows for high intensity strength development during the eccentric-concentric muscle transition [i.e. stretch-shortening cycle (SSC)].

Results:

Study-1 results indicate increased eccentric quadriceps strength ($p < 0.05$) and improved TR symptoms (i.e. VISA and VAS-p, $p < 0.01$). However, there were no significant differences in the CMJ test scores. Study-2 results show increased quadriceps power, both in its eccentric ($p < 0.01$) and concentric ($p < 0.01$) manifestation, and higher CMJ test scores ($p < 0.05$). On a clinical level no differences between the control group (CG) and the intervention group (IG) were observed since the patellar symptoms did not vary in the IG after conducting a single weekly quadriceps strength training session with eccentric overload. One should also note that none of the eight teams involved suffered the loss of an athlete because TR.

Conclusions:

Results from both studies are favourable to the use of strength training

programs that use inertial resistance to create eccentric overload in the quadriceps by athletes affected or at risk of TR. Given the results of the VISA-p questionnaire, we can say that the increased physical performance of the athletes occurs without causing patellar tendon discomfort. Since no TR injuries occurred during the competitive season in the Study-2, it is not possible to infer any preventive effects.

Key words:

Tendinopathy, patellar tendinopathy, eccentric, eccentric overload, inertial resistance, sport, basketball, volleyball, treatment, prevention.

ESTAT DE LA QÜESTIÓ

PRESENTACIÓ I FUNCIO DELS TENDONS

Els tendons formen part dels teixits connectius tous del sistema múscul-esquelètic, i estan formats per paquets densos de fibres de col·lagen paral·lelament disposades i escassament vascularitzades (Nordin et al., 2001). La seva principal funció consisteix en transmetre la força muscular, entesa com a una càrrega mecànica per tracció, des del múscul fins a l'os, amb la finalitat de generar el moviment (Maganaris i Narici, 2005; Nordin et al., 2001; Wang et al., 2012). L'element clau per a resistir les forces de tracció del tendó és el col·lagen (Tanzer, 1973), especialment el de tipus I, que és el més abundant –70-80% del pes en sec en un tendó normal– (Wang et al., 2012).

Segons la revisió feta per Magnusson et al. (2010), els tendons són estructures mecano-sensibles i metabòlicament actives i, en conseqüència, poden veure's afectades tant per les càrregues de treball com per les situacions de repòs perllongat. En aquest sentit, després d'haver estat sotmès a situacions d'esforç, el tendó pot respondre tant amb la síntesi de col·lagen com amb la seva pròpia degradació en funció de la magnitud de la càrrega experimentada (Magnusson et al., 2010). L'estudi de Fung et al. (2010) demostra com després de sotmetre al tendó rotuliana de rates a diferents situacions de fatiga –a través de càrregues cícliques a diferents intensitats i freqüències d'estimulació– les fibres de col·lagen experimenten alteracions estructurals directament proporcionals als nivells de fatiga assolits (Figura 1). La progressió a nivell del dany acumulat

en l'estructura tendinosa –deguda a microtraumatismes repetitius– condueix al teixit des de la lesió fibril·lar (i.e. microestructura) fins a la possible ruptura tendinosa (i.e. macroestructura) (Kannus, 1997; Neviasser et al., 2012).

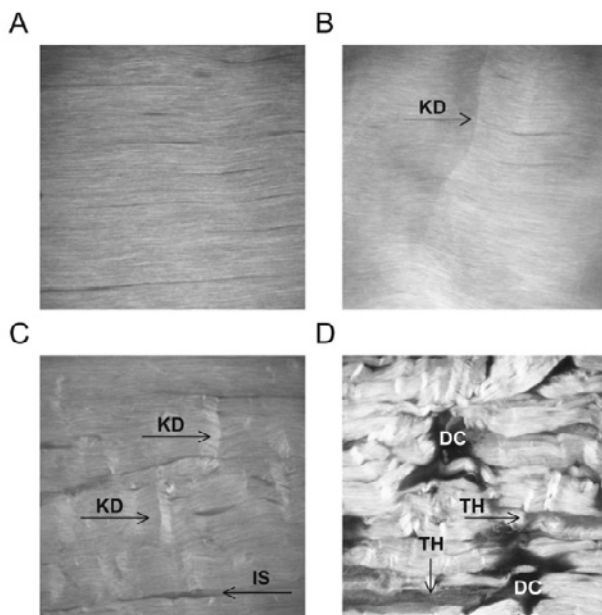


Figura 1. Imatges microscòpiques de tendons rotulians de rates. A: imatge d'un tendó del grup control amb les fibres de col·lagen paral·lelament disposades. B-D: imatges del tendó després d'haver estat sotmès a diferents càrregues cícliques d'intensitat creixent des de B fins a D (Fung et al., 2010).

Funcionalment, podríem parlar de dos tipus de tendons, els que han de resistir importants tensions mecàniques (e.g. tendons rotuliana i Aquil·lià) i els que han d'optimitzar l'execució dels moviments (e.g. tendons dels músculs flexors dels dits) (Wang et al., 2012). En relació, especialment, als grans tendons que han de suportar altes càrregues de tracció, destaca l'elevada capacitat elàstica dels mateixos, els quals exhibeixen també una baixa histèresi mecànica (Maganaris i Narici, 2005). Aquestes propietats són les que permeten a aquestes

estructures aprofitar l'energia elàstica emmagatzemada durant la fase d'estirament (i.e. excèntrica) del complex muscular-tendinós (MTC), utilitzant-se així per aconseguir una major generació de força durant la subsegüent fase d'escurçament (i.e. concèntrica), completant d'aquesta manera el cicle d'estirament-escurçament (SSC) (Hof et al., 2002; Romero-Rodríguez, 2010). No obstant, en relació a la corba tensió-deformació (Figura 2), la regió elàstica del tendó presenta un punt límit –tal i com succeeix amb la resta de teixits de l'aparell locomotor–. Aquest límit elàstic es troba per sobre del 4% de la seva capacitat màxima de deformació longitudinal (Abate et al., 2009; Curwin, 2005; Wang et al., 2012). El pendent en aquesta regió ens descriu el mòdul d'elasticitat o de Young, el qual representa la *stiffness* –resistència a la deformació– del tendó (Özkaya i Leger, 2001; Romero-Rodríguez, 2010; Wang et al., 2012). A partir d'aquest llindar el teixit no és capaç de suportar la tensió sense experimentar canvis estructurals irreversibles, i es donen els primers micro-traumatismes. L'elongació màxima a partir de la qual el tendó pot patir la ruptura total de les seves fibres es troba al voltant del 8-10% (Abate et al., 2009; Curwin, 2005; Wang et al., 2012).

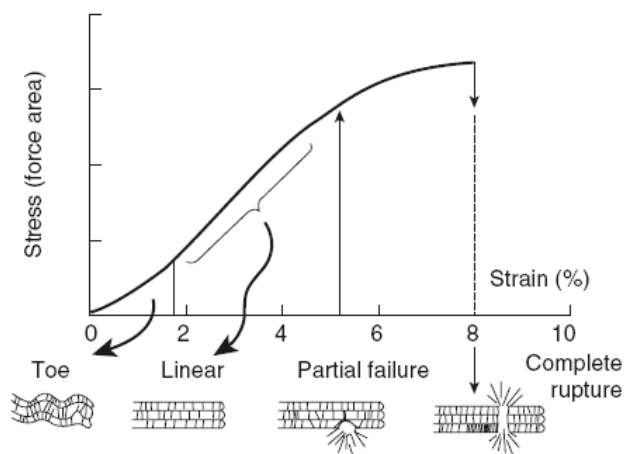


Figura 2. Representació teòrica de la corba tensió-deformació del tendó (Curwin, 2005).

Apart de l'elevada *stiffness*, els tendons són estructures viscoelàstiques (i.e. comportament temporal-depenent), la qual cosa implica que el seu comportament biomecànic variarà en funció de la velocitat en que s'apliquin les càrregues (Özkaya i Leger, 2001). En aquest sentit, en una situació on es doni el SSC, els tendons són més fàcilment deformables subjectes a baixes càrregues mecàniques aplicades durant un temps perllongat (i.e. SSC lent), però és mostren menys deformables sota situacions en les que hagin de fer front a elevades tensions aplicades durant un curt període de temps (i.e. SSC ràpid) (Wang et al., 2012; Tous, 1999).

En condicions fisiològiques, el funcionament mecànic dels tendons pot estar influenciat per diferents factors que podríem dividir en dos blocs: els factors estructurals (i.e. volum i longitud) i els relatius a la seva composició (i.e. quantitat i tipus de col·lagen i de ponts-creuats) (Curwin, 2005). En referència a la seva estructura, un tendó amb un major volum (secció transversal) podrà resistir majors tensions, i amb una major longitud es podrà estirar més sota una mateixa càrrega. En relació a la seva composició, un tendó amb una major concentració de col·lagen, una major proporció de col·lagen tipus-I o bé una major quantitat de fibril·les de col·lagen, tindrà una major capacitat per a resistir tensions. Respecte a la presència de ponts-creuats, una major presència d'aquests entre les fibres de col·lagen revertirà en una major *stiffness*, fet que provocarà que el tendó es deformi menys al estar sotmès a una determinada càrrega (Curwin, 2005).

LA LESIÓ DEL TENDÓ ROTULIÀ

El tendó rotulià també ha estat considerat com a lligament degut al fet d'estar ubicat entre dos ossos, especialment a nivell dels fascicles més posteriors –profunds– (Pearson i Hussain, 2014). Durant l'extensió activa de genoll, les forces generades a través de l'activació del quàdriceps són transferides a la part proximal de la tibia a través del tendó rotulià (Khan et al., 2005), pel que podríem parlar del principal tendó de l'aparell extensor del genoll. De la mateixa manera que ho pateixen altres tendons, com és el cas de l'Aquil·lià, el rotulià és susceptible de patir lesions, especialment en l'àmbit esportiu (Cook et al., 1997; Ferretti, 1986; Malliaras et al., 2013). Tenint en compte la diversitat quant als possibles tipus d'afecció del tendó (e.g. tendinitis, tendinosis, paratendonitis, entesitis), al tractar la patologia del tendó rotulià utilitzem la nomenclatura més genèrica i integradora, referint-nos-hi amb el terme de tendinopatia rotuliana (TR) (Khan et al., 1998; Khan et al., 1999).

La TR registra una gran incidència en l'esport de competició, ja sigui professional o amateur, i es dona també en el cas de persones que realitzen activitat física de lleure (Cook et al., 1997), especialment les que realitzen accions de salt (Ferretti, 1986; Lian et al., 2005; Zwerver et al., 2011). Segons diferents autors (Colosimo i Bassett, 1990; Ferretti et al., 1983; Ferretti, 1986), Blazina et al. (1973) foren els primers en descriure i identificar l'afecció sota el nom de "*Jumper's knee*" (genoll del saltador). El diagnòstic d'aquesta lesió incloïa tant l'afecció del tendó rotulià com del quadricipital (Colosimo i Bassett, 1990; Ferretti et al., 1983; Ferretti, 1986). No obstant, segons Ferretti et al. (1983), anteriorment a aquestes publicacions, a l'any 1963, Maurizio ja parlava de l'elevada incidència que la TR en concret registrava en el voleibol. Des d'aquestes primeres publicacions no s'ha deixat d'investigar amb gran continuïtat la patologia del tendó rotulià i d'altres estructures tendinoses, dedicant especial atenció a

les possibles causes de la marcada tendència a la cronicitat de les tendinopaties (Khan et al., 1998).

FISIOPATOLOGIA DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

Segons Malliaras et al. (2015), el segell diagnòstic de la TR inclou dolor a la palpació a nivell del pol inferior de la ròtula i dolor associat a la càrrega sobre l'aparell extensor de genoll. En la valoració de pacients afectats de TR s'ha observat una marcada degeneració del teixit en absència de cèl·lules inflamatòries a la part més profunda del tendó rotulià, especialment a nivell de la inserció del pol inferior de la ròtula (Cook et al., 1997). Aquest tipus d'afecció degenerativa ha estat identificat amb el terme tendinosi (Khan et al., 1996; Puddu et al., 1976).

Tanmateix, els factors etiològics precisos de les tendinopaties encara no es coneixen en la seva totalitat (Neviaser et al., 2012; Pearson i Hussain, 2014). Si s'assumeix el contínuum entre les adaptacions fisiològiques i les patològiques associades a la pràctica de l'activitat física i esportiva, el possible factor lesiu que hauríem de destacar és el sobreús dels tendons (Figura 3), fet que comporta les conseqüents micro-ruptures tissulars ja esmentades (Abate et al., 2009; Wang et al., 2012). En aquest context, seria totalment concebible pensar que la pròpia degeneració del teixit (i.e. micro-ruptures) i els processos inflamatoris associats (i.e. alliberació dels mediadors químics de la inflamació) es donen simultània o alternadament dins del procés lesiu, podent arribar a explicar així la patogènesis de les tendinopaties (Abate et al., 2009).

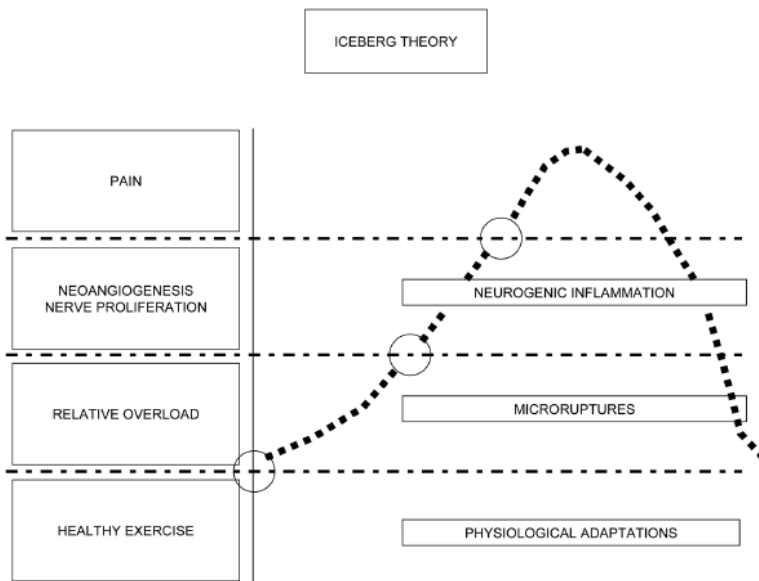


Figura 3. Teoria de l'iceberg, on es presenta el dolor com al tret característic més evident de la lesió tendinosa percebut per part del pacient, i es remarquen els factors etiològics que el precedeixen: micro-ruptures i inflamació (Abate et al., 2009).

Actualment, en l'àmbit clínic es consideren dos tipus de tendinopaties: les que es presenten amb signes degeneratius i una marcada neovascularitat (també anomenada hipervascularitat) (Hoksrud et al., 2008) i les que es caracteritzen per la pròpia degeneració cel·lular en absència de neovascularitat (Figura 4).

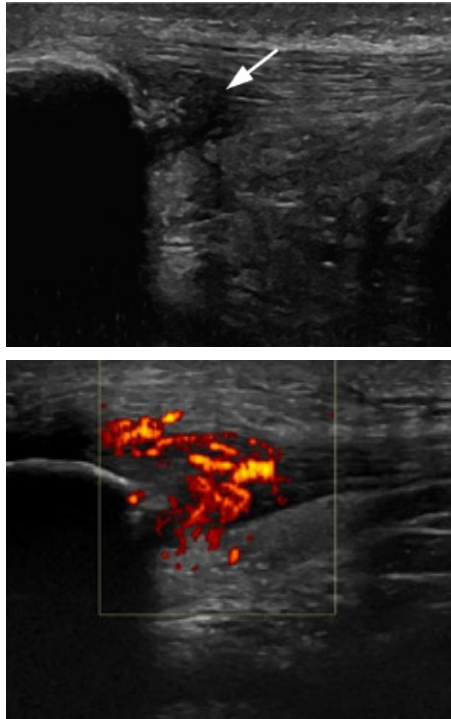


Figura 4. Imatges ecogràfiques longitudinals d'alta resolució del tendó rotulià. Imatge superior: engruiximent fusiforme del tendó a nivell del pol inferior de la ròtula, la fletxa senyala la regió hipoeoica corresponent a la degeneració cel·lular de les fibres més profundes (Abat et al., 2014). Imatge inferior: en un altre pacient i utilitzant la funció Colour Doppler es pot visualitzar l'elevat grau de neovascularitat en la perifèria del pol inferior de la ròtula (Abat et al., 2015).

En relació a aquest tema, Hoksrud et al. (2008) trobaren que 48 dels 79 (i.e. 60%) tendons rotulians d'esportistes amb TR explorats a través de l'ecografia presentaven signes de neovascularitat. Els resultats d'un altre estudi indiquen que els jugadors de voleibol amb tendons rotulians amb signes d'afectació i presència de neovascularització estan associats amb una major percepció de dolor en comparació a tendons afectats sense neovascularització (Cook et al., 2004b). En base a aquestes dades es podria parlar que en la població esportiva

la presència de neovascularitat és freqüent i que aquesta pot augmentar la simptomatologia en la TR.

EPIDEMIOLOGIA DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

Segons Cook et al. (1997), aproximadament un 33% dels esportistes afectats de TR han de deixar la seva pràctica esportiva durant més de 6 mesos. Aquesta lesió inicialment limita la pràctica de l'activitat esportiva, però pot progressar i afectar inclús la realització de les activitats de la vida diària (AVD) i, fins i tot, provocar dolor en estat de repòs (Khan et al., 2005).

Les dades que mostren diferents treballs són prou clares en relació a la magnitud que aquesta lesió té en l'esport. En un estudi sobre la prevalença del genoll de saltador en esportistes d'elit observaren que pot afectar a un 14,2% de la població esportiva (87 de 613), amb una durada de fins a 32 mesos i una major prevalença en el bàsquet (31,9%) i el voleibol (44,6%) (Lian et al., 2005). De manera similar, un altre estudi realitzat sobre una mostra d'esportistes amateurs va obtenir una afectació del 8,8% (78 de 891), amb una durada mitjana dels símptomes de 18,9 mesos, on també es va observar una major prevalença de la TR en el voleibol (14,4%) (Zwerver et al., 2011). En aquests dos darrers estudis, la prevalença va ser major en els homes en comparació a les dones, i la severitat de la TR, valorada mitjançant el qüestionari específic pel tendó rotulià del *Victorian Institute of Sport Assessment* (VISA-p: amb una escala de valors de 0-100 punts), va ser de 64 (Lian et al., 2005) i 71,4 (Zwerver et al., 2011) punts de mitjana respectivament en tots dos sexes. En un altre estudi recent realitzat sobre el seguiment de jugadors de bàsquet i voleibol, 51 de 385 d'aquests esportistes (13,2%) varen desenvolupar TR entre els

anys 2008 i 2011 (de Vries et al., 2015).

A aquesta gran prevalença descrita cal afegir que les TR acostumen a ser de naturalesa moderada en futbolistes professionals (Hägglund et al., 2011). Aquest estudi (i.e. 2229 futbolistes europeus) mostra que el 61% dels jugadors que patien una TR causaven baixa esportiva per un període d'una setmana o menys. Entre el 2001 i fins el 2009, aquests autors van comptabilitzar 137 lesions de TR, les quals representen un 1,5% del global de lesions recollides. Destaca, de manera important, la gran quantitat de recidives (i.e. 20%), valor que ens informa d'una de les grans problemàtiques d'aquesta lesió.

Aquesta última dada referent a les recidives ens condueix cap a la hipòtesi sobre la etiologia de la TR –la qual serà comentada en el següent apartat–, on es pensa que el sobreús continuat del tendó podria ser el factor de risc més important al voltant d'aquesta afecció.

BIOMECÀNICA DEL TENDÓ ROTULIÀ EN RELACIÓ A LA TENDINOPATIA ROTULIANA

Des del punt de vista mecànic podem diferenciar dos tipus principals d'etiologies en la lesió tendinosa: la causada pel mecanisme puntual d'una càrrega molt elevada que supera el límit elàstic del teixit (i.e. aguda), i la deguda a la acumulació de càrregues cícliques dins dels límits elàstics però aplicades amb un insuficient temps de recuperació –sobreús– (i.e. crònica) (Camargo et al., 2014; Curwin, 2005; Khan et al., 1999; Khan et al., 2005; Wang et al., 2012). Segons Kannus (1997), els microtraumatismes repetitius, bàsicament deguts a l'exposició dels teixits del sistema musculoesquelètic al binomi format entre les baixes càrregues i l'elevada freqüència, és la principal causa de lesió en els tendons durant la pràctica esportiva, en comparació a un mecanisme lesiu provocat per una sola acció traumàtica aguda.

No obstant, si analitzem les possibilitats de risc de ruptura tendinosa deguda a un traumatisme puntual, destaca una publicació molt curiosa de l'any 1977 (Zernicke et al., 1977), on es va documentar la lesió per ruptura total del tendó rotulià durant una competició en un aixecador de pes amb barra (Figura 5). L'anàlisi va apuntar que la ruptura del tendó es va donar mobilitzant 175kg de pes, a uns 90° de flexió de genoll, en l'instant de transició entre la fase excèntrica i la concèntrica (i.e. SCC), i amb una força a nivell del tendó equivalent a uns 14000N (Curwin, 2005; Nordin i Frankel, 2001; Zernicke et al., 1977).

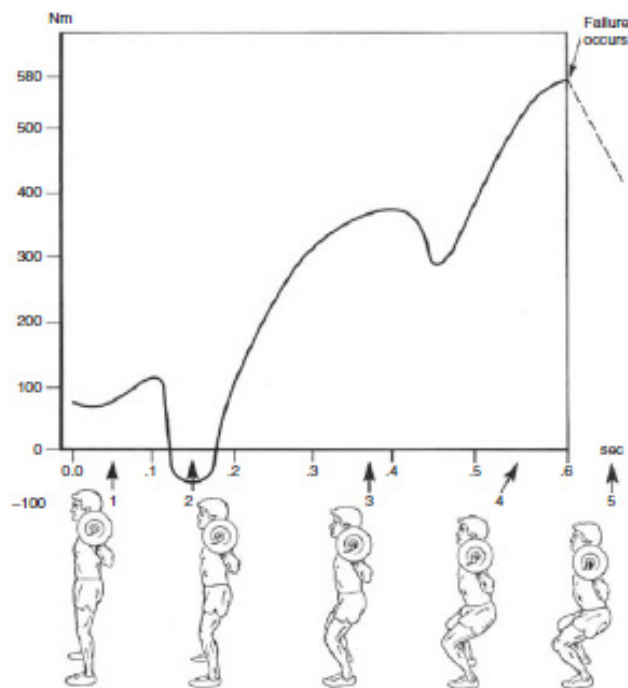


Figura 5. Representació gràfica del moment de força a nivell del tendó rotulià en l'instant de la ruptura (Curwin, 2005; Zernicke et al., 1977).

Com ja hem apuntat anteriorment, la majoria d'estudis parlen d'una major incidència lesiva a nivell de la inserció proximal i posterior del tendó rotulià (Cook et al., 1997; Khan et al., 1996; Pearson i Hussain, 2014). No obstant, existeix una certa controvèrsia en relació a quina part del terç proximal del tendó rotulià, l'anterior –superficial– o la posterior –profunda–, percep majors forces durant l'activitat física (Pearson i Hussain, 2014). Segons Basso et al. (2002), la força exercida pel quàdriceps entre 60-90° de flexió de genoll provoca significativament majors tensions en els fascicles posteriors dels tendons rotulians de cadàvers humans. Pel contrari, Almekinders et al. (2002), també analitzant cadàvers humans, varen observar que la tensió mecànica augmentava en els fascicles anteriors i disminuïa en els posteriors al realitzar la flexió de genoll. Per altra banda, un altre estudi va concloure que els fascicles anteriors són més forts i posseeixen una major resistència a la deformació en comparació als posteriors (Hansen et al., 2010). En aquest sentit, es podria plantejar la hipòtesis que la porció posterior actua a mode de lligament, connectant la ròtula a la tibia, mentre que l'anterior representa la continuïtat del tendó del quàdriceps (Pearson i Hussain, 2014). Segons l'anàlisi d'aquests treballs, encara en l'actualitat no es possible extreure conclusions precises respecte les propietats mecàniques específiques de cada regió del tendó rotulià humà *in vivo*.

Per altra banda, i en relació a la funció mecànica del tendó rotulià en situacions reals, anteriorment s'ha comentat la necessitat de suportar càrregues per tracció provocades per la contracció muscular (Nordin et al., 2001), les quals es solen donar a elevada intensitat i durant un llarg període de temps durant la pràctica esportiva. En aquestes situacions es poden donar dos factors que, associats, augmenten el risc de lesió del tendó (Romero-Rodríguez, 2010). Per una banda, la possible presència de la fatiga muscular metabòlica, la qual està relacionada amb el retard electromecànic (i.e. interval de temps comprès entre l'inici de l'activació muscular i la producció de moviment) (Cavanagh

i Komi, 1979; Norman i Komi, 1979) i, per altra, la fatiga estructural relacionada amb l'augment d'histèresi elàstica del teixit, és a dir, la pèrdua de part de l'energia elàstica acumulada durant el SSC (Nordin et al., 2001) (Figura 6). Aquesta teoria es veu reforçada pel fet que la majoria d'investigacions apunten al mecanisme per sobreús com a principal causa de les tendinopaties –cròniques– (Abate et al., 2009; Romero-Rodríguez, 2010; Wang et al., 2012).

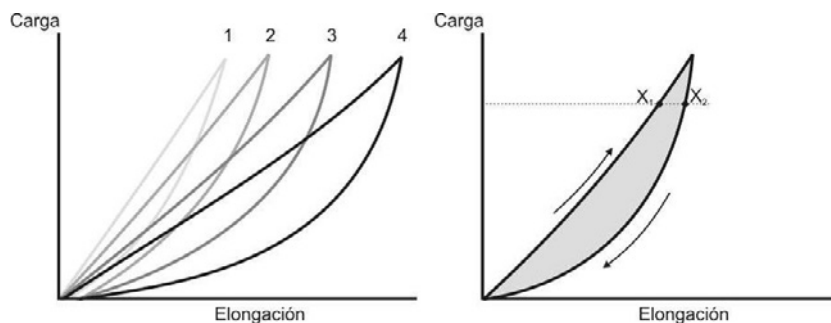


Figura 6. Representació gràfica de l'augment de la deformació d'un teixit sotmès a una mateixa càrrega de forma repetitiva (imatge de l'esquerra), degut a l'acumulació d'histèresi elàstica (imatge de la dreta). Aquest increment en l'histèresi del teixit facilitarà l'aparició de la lesió (Romero-Rodríguez, 2010).

En aquest sentit, durant la pràctica esportiva, l'acumulació d'histèresi elàstica a nivell tendinós associada a la presència d'un retard electromecànic provocaran la disminució de la *stiffness* tissular durant les accions explosives, augmentant així el risc de lesió (Romero-Rodríguez, 2010).

FACTORS DE RISC DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

L'elevada freqüència de TR observada en esportistes fa necessària la investigació sobre els factors de risc que la poden causar i/o agreujar (Ferretti, 1986). Aquests factors els podríem dividir entre extrínsecs (e.g. relacionats amb el tipus d'esport, la metodologia d'entrenament, les superfícies de joc, l'equipament esportiu, les condicions ambientals) i intrínsecs (e.g. relacionats amb les característiques inherents a cada esportista, l'edat, la capacitat de força, les propietats mecàniques dels tendons, les lesions prèvies, una possible rehabilitació inadequada) (Ferretti, 1986; Romero-Rodríguez, 2010). Com a possibles factors de risc de la TR podem trobar evidència científica en relació a diferents variables (Taula 1).

Taula 1. Classificació dels diferents factors de risc associats a la TR.	
Factor de risc:	Referència bibliogràfica:
Practicar voleibol o bàsquet	van der Worp et al., 2012; Tiemessen et al., 2009
Jugar a lligues superiors (i.e. d'àmbit estatal)	van der Worp et al., 2012
Majors càrregues d'entrenament	Hägglund et al., 2011; Janssen et al., 2015; Lian et al., 2003; Tiemessen et al., 2009; Visnes i Bahr, 2013
Majors valors de salt	Cook et al., 2004a; Helland et al., 2013; Lian et al., 1996; Lian et al., 2003; van der Worp et al., 2011a; Visnes et al., 2013
Diferents estratègies d'aterratge en el salt	Bisseling et al., 2007 i 2008; Mann et al., 2013
Sexe masculí	de Vries et al., 2015; van der Worp et al., 2012; Visnes i Bahr, 2013
Majors càrregues físiques a nivell laboral	van der Worp et al., 2011b

Elevat índex de massa corporal	van der Worp et al., 2011a; Lian et al., 2003
Perímetre de cintura	Malliaras et al., 2007
Asimetria en la longitud de les cames	van der Worp et al., 2011a
Alçada de l'arc plantar intern	van der Worp et al., 2011a
Actitud postural dels peus	de Groot et al., 2012
Dèficit en l'amplitud de moviment (ADM) en la flexió dorsal de turmell	Backman i Danielson, 2011; Malliaras et al., 2006
Dèficit en ADM de maluc	Mann et al., 2013
Força de quàdriceps	van der Worp et al., 2011a
Dèficit en l'extensibilitat de la musculatura extensora de genoll	Janssen et al., 2015; Mann et al., 2013; van der Worp et al., 2011a; Witvrouw et al., 2001
Dèficit en l'extensibilitat de la musculatura flexora de genoll	Cook et al., 2004a; van der Worp et al., 2011a; Witvrouw et al., 2001

En un dels estudis sobre els factors de risc es va observar que els jugadors de voleibol d'elit afectats per TR, en comparació a un grup control, presentaven una major secció transversal proximal del tendó rotulià i una menor *stiffness* i mòdul d'elasticitat, tot i que, per contra, obtenien majors valors de salt vertical (Helland et al., 2013). En aquest sentit Cook et al. (2004a) també observaren majors valors de salt vertical en jugadores de voleibol d'elit amb alteracions tendinoses prèvies segons l'exploració ecogràfica realitzada. Els resultats d'aquests estudis apunten que, tot i les alteracions en les propietats biomecàniques del tendó rotulià degudes a la degeneració del col·lagen –entre d'altres factors–, els esportistes amb TR tenen una major capacitat per utilitzar el SSC durant les accions de salt. Aquest fet ens permet establir la relació en que els esportistes amb major força explosiva presenten un major risc de patir aquest tipus de lesió.

TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

El descobriment de les tècniques de rehabilitació més eficaces per a tractar les lesions tendinoses cròniques representa un gran repte (Curwin, 2005). Existeixen nombroses tècniques de tractament proposades, malgrat algunes d'elles han demostrat una escassa evidència científica (Khan et al., 2005). Entre aquests tractaments es proposa la intervenció quirúrgica per als casos més recalcitrants, mentre les teràpies conservadores constitueixen el primer abordatge per a la gran majoria de tendinopaties (Curwin, 2005; Fredberg i Bolvig, 1999; Khan et al., 2005; Larsson et al., 2012; Schwarts et al., 2015).

D'entre els tractaments conservadors per a la TR que la literatura exposa, es descriu: repòs, antiinflamatoris, embenats, massatge, electroteràpia, estiraments, crioteràpia, ones de xoc, injeccions de corticosteroides, així com altres tipus de teràpies (Fredberg i Bolvig, 1999; Visnes i Bahr, 2007; Schwarts et al., 2015). Tot i que Ferretti et al. (1983) suggerien que el tractament conservador mitjançant repòs, estiraments, teràpies físiques i antiinflamatoris, solia ser exitós, l'evidència científica no recolza algunes d'aquestes pràctiques passives (Larsson et al., 2012; Warden et al., 2008). Per altra banda, un dels tractaments amb major evidència científica –implicant només estudis amb disseny d'assaig controlat i aleatoritzat (RCT)– consisteix en el treball de força de quàdriceps amb especial atenció en la fase excèntrica de les accions musculars (Bahr et al., 2006; Biernat et al., 2014; Cannell et al., 2001; Dimitrios et al., 2012; Frohm et al., 2007; Jensen i Di Fabio, 1989; Jonsson i Alfredson, 2005; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004; Young et al., 2005). Segons dues revisions sistemàtiques (SR) recents (Larsson et al., 2012; Schwarts et al., 2015), l'entrenament excèntric hauria de ser el tractament conservador d'elecció per a la TR; no obstant, el tipus d'exercici, la freqüència de

realització, la càrrega i la dosi necessiten ser analitzats més a fons. La taula 2 presenta una extracció dels resultats referents a l'evidència científica per part de les diferents tècniques de tractament analitzades (Larsson et al., 2012; Schwarts et al., 2015).

Taula 2. Nivell d'evidència en relació a les diferents tècniques de tractament de la TR.		
Tipus de tècnica:	Efectes en relació a la seva eficàcia:	Referència bibliogràfica:
Repòs	Manca d'evidència suficient, no obstant, el repòs relatiu sembla preferible a l'absolut.	Schwartz et al., 2015
Crioteràpia	Manca d'evidència suficient, no obstant, es contraindica la seva aplicació prèvia a l'activitat física-esportiva.	Schwartz et al., 2015
Ultrasò pulsatiu de baixa intensitat	Existeix evidència moderada relativa a la manca d'eficàcia d'aquesta tècnica.	Larsson et al., 2012
Antiinflamatoris	Resultats contradictoris.	Schwartz et al., 2015
Injeccions de corticoides	Reducció del dolor a curt termini; augment del risc de ruptura del tendó a llarg termini.	Schwartz et al., 2015
Ones de xoc	Evidència limitada. Manca d'evidència suficient.	Larsson et al., 2012 Schwartz et al., 2015
Pegat de trinitrat de glicerina	Manca d'evidència suficient.	Schwartz et al., 2015
Injeccions de plasma ric en plaquetes	Resultats contradictoris.	Schwartz et al., 2015

Injeccions ecoguiades de substàncies esclerosants	Evidència limitada. Resultats contradictoris.	Larsson et al., 2012 Schwartz et al., 2015
Exercicis excèntrics	Presenta la major evidència (i.e. elevada) en relació als tractaments conservadors, no obstant, no existeix consens en relació al tipus de programa d'entrenament més eficaç.	Larsson et al., 2012; Schwartz et al., 2015
Intervenció quirúrgica	Evidència limitada. Eficaç en els casos refractaris als tractaments conservadors, tot la considerable quantitat de diferents tipus d'abordatges existents.	Larsson et al., 2012 Schwartz et al., 2015

Recentment s'han publicat una sèrie d'estudis que aborden la TR a través de la combinació dels exercicis excèntrics –amb la sobrecàrrega associada a les resistències inercials– i la tècnica Electròlisi Percutània Intratissular® (EPI) (Abat et al., 2014; Abat et al., 2015). La l'electròlisi percutània ha esdevingut tot un punt d'ínflexió en la manera d'abordar el tractament de les tendinopaties cròniques. La tècnica consisteix en aplicar un corrent elèctric continu mitjançant una agulla d'acupuntura que transporta el flux catòdic –amb el conseqüent efecte químic de reducció– cap al focus de la lesió. Per tal de portar a terme l'aplicació de forma precisa, la tècnica es realitza guiada per l'exploració ecogràfica del teixit (Figura 7). Els dos estudis esmentats en relació al tractament de la TR, tot i que en el seu disseny no compten amb un grup control (CG), mostren prometedors resultats en la recuperació de la lesió tant a nivell clínic com funcional amb un seguiment dels pacients de fins a 10 anys (Abat et al., 2015).

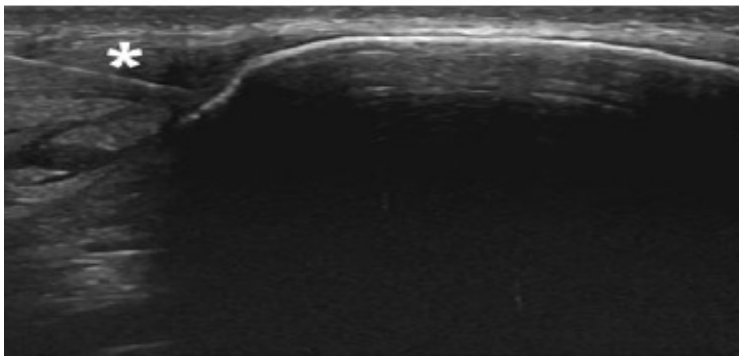


Figura 7. Procediment per a l'aplicació de la tècnica Electròlisi Percutània Intratisular® (EPI), a través d'una agulla d'acupuntura de 0,3mm (asterisc) guiada per ecografia (Abat et al., 2015).

PREVENCIÓ DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

Des de fa temps s'ha incidit en la necessitat d'adoptar mesures preventives per a la TR (Ferretti et al., 1985). No obstant, des del nostre coneixement, només existeix un assaig clínic que directament hagi avaluat els efectes d'un programa de prevenció en esportistes durant la temporada competitiva (Fredberg et al., 2008). En aquest RCT, amb una mostra de 12 equips de futbol professional danesos, el grup intervenció (IG) realitzava un programa d'entrenament setmanal on es combinaven els estiraments passius i el treball muscular excèntric (Figura 8). Els resultats d'aquest estudi mostren que el risc de patir una TR va augmentar en els subjectes que a l'inici de l'estudi mostraven imatges ecogràfiques anòmales a nivell dels tendons rotulians, però que en aquell moment eren asimptomàtics. Aquests registres contrasten amb l'evidència científica existent sobre els beneficis del treball excèntric en el tractament de la TR. Existeix la possibilitat que el treball excèntric realitzat en aquest estudi, així com els estiraments passius associats, no tingui la suficient consistència (i.e. freqüència,

volum i/o intensitat de treball) per tal de poder prevenir l'aparició de símptomes en esportistes d'elit amb alteracions eco-estructurals prèvies en els tendons rotulians.

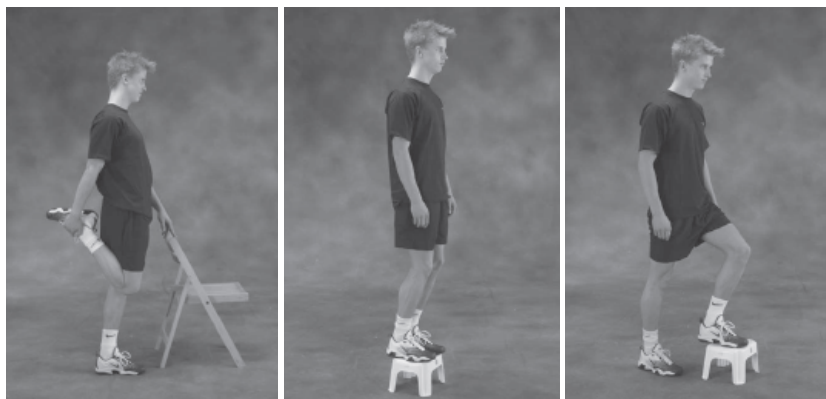


Figura 8. Exercicis utilitzats com a entrenament preventiu de la TR realitzats 3 vegades per setmana (després de l'entrenament específic) durant la temporada competitiva. La imatge de l'esquerra representa l'estirament passiu per al quàdriceps (3x20 segons). Les dues imatges de la dreta representen la posició d'inici (centre) i final (dreta) de la fase excèntrica per al quàdriceps de l'exercici de descens des d'una banqueta (1x25 amb cada cama) (Fredberg et al., 2008).

Per altra banda, un altre RCT sí que va obtenir efectes positius en la prevenció de la TR en futbol femení, en aquest cas a través d'un programa d'entrenament propioceptiu avaluat al llarg de 3 anys (Kraemer i Knobloch, 2009). En relació a jugadors masculins de voleibol, un segon RCT recent també ha obtingut resultats positius en relació a la reducció del dolor a nivell del tendó rotulià. En aquest últim cas, l'entrenament excèntric es va aplicar durant 24 setmanes de la temporada competitiva, però no es varen registrar increments dels nivells de força i potència del quàdriceps en comparació al CG (Biernat et al., 2014).

Segons l'exposat en aquest punt, és important continuar tractant d'elucidar els efectes que els programes d'entrenament de la força a través de la sobrecàrrega excèntrica i exercicis dirigits al treball

del control neuromuscular poden tenir en la prevenció de la TR en esportistes de risc.

L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA I LA FASE EXCÈNTRICA

L'entrenament de la força permet augmentar el rendiment de l'esportista degut a les millores en la pròpia capacitat de generar tensió muscular (i.e. força), en la potència i en la resistència muscular, així com també desenvolupar les capacitats associades al control neuromuscular (e.g. coordinació) (Kraemer i Ratamess, 2004). Tant durant la pràctica esportiva com a nivell de la majoria de programes d'entrenament, els esportistes duen a terme accions concèntriques i excèntriques (i.e. anisomètriques). En canvi, s'ha observat que amb els programes d'entrenament que inclouen accions excèntriques s'aconsegueixen desenvolupar majors quantitats de força (Colliander i Tesch, 1990; Dudley et al., 1991) en comparació als entrenaments que es concentren en les accions concèntriques, demostrant també una major eficiència tant mecànica (Komi et al., 1987) com metabòlica (Bigland-Ritchie i Woods, 1976). Algunes de les adaptacions musculars necessàries per tal de poder obtenir aquests esmentats efectes es basen en la hipertrofia muscular sarcomèrica, tant des d'un punt de vista transversal com longitudinal (Goldspink, 1985; Goldspink, 1999; Vogt i Hoppeler, 2014). Tenint en compte que es poden generar majors forces durant les accions excèntriques en comparació a les concèntriques o isomètriques (Jones i Rutherford, 1987), durant l'entrenament excèntric el MTC té la capacitat de poder treballar sota situacions de sobrecàrrega (LaStayo et al., 2000).

El concepte de l'acció muscular excèntrica podria definir-se com la càrrega muscular deguda a l'aplicació d'una força externa (i.e.

resistència) que provoca l'activació del múscul mentre que aquest pateix un estirament en la seva globalitat (i.e. estirament actiu) (Albert, 1999; Faulkner, 2003; Frohm et al., 2005; Rees et al., 2009; Roig et al., 2009). Per tant, durant una acció excèntrica el MTC també es veu estirat. Aquí podríem diferenciar l'estirament del component contràctil de l'experimentat a nivell tendinós, és a dir, pel component elàstic en sèrie. Tenint en compte que aquest últim, representa al component més important alhora de produir tensió d'origen elàstic (Lorenz i Campello, 2001; Romero-Rodríguez, 2010). El treball muscular excèntric és considerat com un dels grans avenços en l'entrenament de força, esdevenint en el model d'entrenament més acceptat en la prevenció de lesions musculars i en el tractament de les tendinopaties cròniques (Tous-Fajardo, 2010).

Segons la revisió realitzada per Herzog et al. (2015), la major capacitat per a desenvolupar força en una acció excèntrica –estirament muscular actiu–, en comparació a una manifestació concèntrica o isomètrica, pot ser deguda a la funció de la titina (i.e. proteïna present a nivell del sarcòmer muscular), la qual durant aquestes accions dependents del calci –a diferència de les situacions d'estirament passiu– reforça la seva unió amb l'actina provocant el conseqüent augment en la *stiffness* del MTC (Figures 9 i 10).

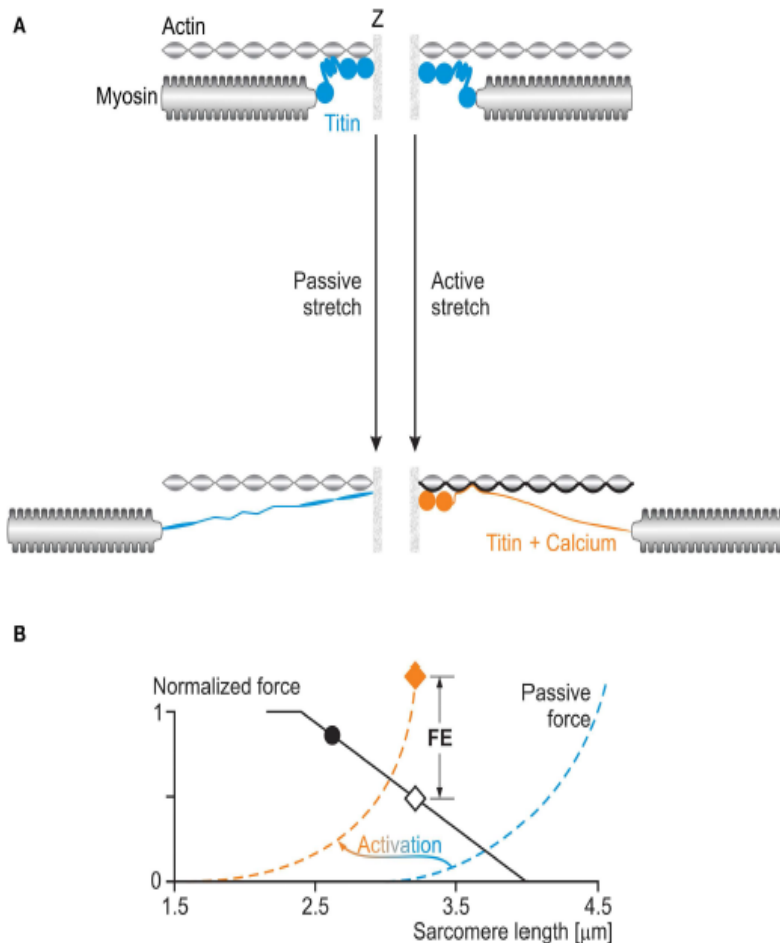


Figura 9. A: Esquema il·lustratiu de les diferents situacions d'estirament muscular, i.e. passiu o actiu, amb la representació del paper destacat de la titina durant l'acció excèntrica. B: Gràfica teòrica que intenta representar l'increment de força –*force enhancement* (FE)– provocat pel fet que el múscul treballi en estirament actiu (i.e. excèntric), situació en la qual l'associació entre la titina i l'actina es veu afavorida (Herzog et al., 2015).

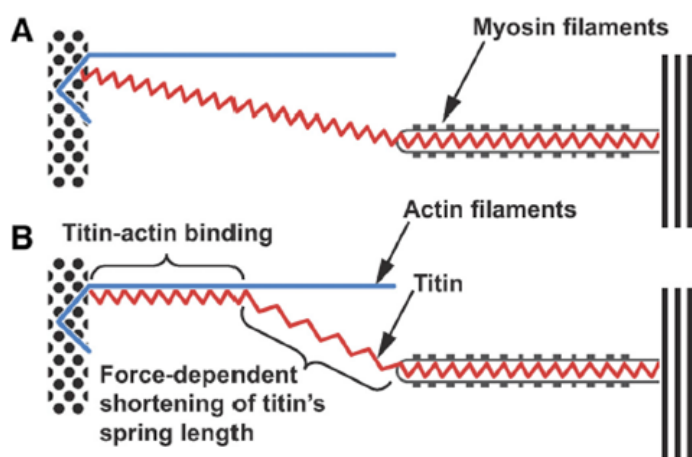


Figura 10. Proposta per al mecanisme de regulació basat en l'associació entre la titina i l'actina. A: estirament passiu de la miofibril·la, on es representació l'elongació màxima de la titina sense interactuar amb l'actina. B: estirament actiu (i.e. excèntric), on la interacció titina-actina afavoreix l'emmagatzematge d'energia elàstica a causa d'haver provocat l'escurçament de la longitud natural de la titina (Leonard i Herzog, 2010).

Els mateixos autors proposen la teoria del model dels 3-filaments (i.e. actina, miosina i titina) en la producció de força muscular, de la qual en destaquen les següents propietats:

1. Les estructures passives del múscul (i.e. component elàstic) es mostren toves i deformables (i.e. *compliant*) quan estan subjectes a l'estirament passiu, però s'expressen com a fortes i rígides (i.e. *stiff*) a l'estar sotmeses a l'estirament actiu (i.e. excèntric), provocant així un increment de la força a un cost energètic molt baix.
2. La força provocada per la interacció de la titina augmenta quan disminueix la força generada per part de l'actina i la miosina, amb la conseqüent capacitat de prevenir el dany muscular causat per un estirament actiu excessiu.

3. La titina proporciona estabilitat al sarcòmer durant la fase de descens de la corba força-longitud muscular i també als filaments de miosina a nivell de la part central del sarcòmer. En el cas que la titina fos completament eliminada, les forces transmeses a través del sarcòmer, tant les actives (i.e. contràctils) com les passives (i.e. elàstiques), es perdrien (Leonard i Herzog, 2010).

Aquesta proposta en la qual es posa en relleu el paper de la titina sembla coherent si la relacionem amb les investigacions que han apuntat la gran destrucció d'aquesta proteïna –i també de nebulina– associada al treball excèntric d'elevada intensitat (Trappe et al., 2002).

Seguint amb l'estudi de les accions excèntriques, s'ha pogut observar també com aquestes provoquen un augment del rendiment durant la fase concèntrica d'un SSC (i.e. anisomètriques). Segons Hof et al. (2002), en un SSC el treball realitzat pel MTC durant la fase excèntrica és totalment emmagatzemat en forma d'energia elàstica potencial. Immediatament després, aquesta energia elàstica podrà ser utilitzada durant la fase concèntrica amb un major o menor aprofitament depenent de les característiques estructurals dels subjectes, afavorint així l'eficiència muscular del component contràctil. Aquest fet pren especial rellevància en els esports on es necessita velocitat, execució de salts i llançaments (Vogt i Hoppeler, 2014). Aquestes millores funcionals són degudes tant a les adaptacions a nivell del MTC com també en el sistema nerviós (Vogt i Hoppeler, 2014). La figura 11 defineix de forma esquemàtica les diferents situacions on l'activitat muscular excèntrica pot intervenir i de quina manera (i.e. velocitat), amb exemples de diferents esports.

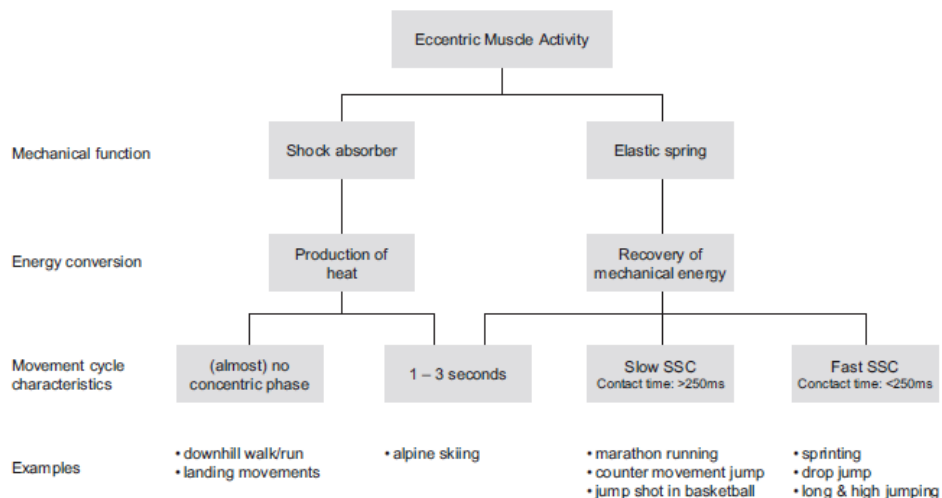


Figura 11. Classificació de les accions musculars excèntriques en l'esport (Vogt i Hoppeler, 2014).

Tanmateix, a pesar del que s'ha constatat en relació a la major capacitat per a desenvolupar força durant la fase excèntrica, és important remarcar que durant les típiques sèries d'aixecament de pesos la fase excèntrica sol representar un percentatge d'intensitat molt baix en relació al seu potencial (Tous-Fajardo, 2010). Per tant, podríem afirmar que el fet d'incloure una sobrecàrrega excèntrica en un programa d'entrenament estarà plenament justificat –sempre i quan compleixi amb l'objectiu determinat pel qual ha sigut prescrita–. Però, en relació a aquest fet, és important destacar les paraules amb les que LaStayo et al. (2003) conclouen aquesta revisió i que ajuden a recordar el motiu pel qual parlem de l'entrenament excèntric: «*If an exercise is designed to simply recover, eccentrically, the forces generated concentrically, then that exercise does not take advantage of the unique high-force producing properties of eccentric contractions.*» Aquesta declaració es podria interpretar posant l'èmfasi en la necessitat d'utilitzar sistemes d'entrenament de la força que permetin estimular la fase excèntrica a través d'elevades intensitats (i.e. sobrecàrrega

excèntrica), més enllà de les que es poden obtenir durant la fase excèntrica posterior a l'aixecament d'un pes o la provocada després d'haver estirat un material elàstic.

EFFECTES DE L'ENTRENAMENT EXCÈNTRIC EN LA TENDINOPATIA ROTULIANA

En l'actualitat és sabut que l'entrenament amb càrregues de treball apropiades arriba a provocar un efecte anabòlic en els tendons, ajudant així a regenerar i reforçar el teixit lesionat. Pel contrari, les càrregues d'entrenament excessives –sovint associades a una insuficient capacitat de recuperació (i.e. sobreús)– poden esdevenir en lesions tendinoses (Camargo et al., 2014; Curwin, 2005; Khan et al., 1999; Khan et al., 2005; Wang et al., 2012). La majoria d'estudis descriuen que l'activitat física adequada i suficientment perllongada al llarg del temps, provoca millores a nivell de les propietats biomecàniques dels tendons, incrementant la seva *stiffness*, força màxima i resistència a la ruptura (LaStayo et al., 2003; Maganaris i Narici, 2005). També és conegut que les càrregues d'un entrenament continuat poden estimular la regeneració de col·lagen a nivell tendinós (Magnusson et al., 2010). En oposició a aquesta adaptació positiva, la inactivitat provoca l'efecte contrari, descrivint-se una reducció en la síntesi de col·lagen, major atrofia muscular del quàdriceps i reducció de la *stiffness* del tendó rotulià, especialment durant els primers 10 dies (de Boer et al., 2007). En esportistes amb una diferència de força $\geq 15\%$ entre les extremitats inferiors (EEII), s'ha observat que l'extremitat dominant presenta una major secció transversal i *stiffness* en comparació a la no-dominant (Couppe et al., 2008), novament evidenciant la importància que les càrregues de treball tenen en la constitució i funció dels tendons.

Uns dels primers investigadors que proposaren l'entrenament com a mesura terapèutica per a la TR, a través d'executar un treball muscular de quàdriceps (i.e. *squat*) amb especial èmfasis en la fase excèntrica (Figura 12) foren Curwin i Stanish, l'any 1984 (Curwin i Stanish, 1984; Stanish et al., 1986; Rees et al., 2009; Visnes i Bahr, 2007). Des de llavors un nombre considerable d'estudis han analitzat l'evidència científica existent en relació a l'entrenament de la força de quàdriceps en el tractament de la TR, tal i com queda reflectit en les diferents SR existents (Frizziero et al., 2014; Larsson et al., 2012; Malliaras et al., 2013; Rabin, 2006; Visnes i Bahr, 2007, Wasielewski i Kotsko, 2007; Woodely et al., 2007). Tanmateix, sembla ser que encara resta treball per tal de poder determinar les dosis d'entrenament més òptimes per a la TR (Larsson et al., 2012).



Figura 12. Representació esquemàtica de les fases excèntrica (i.e. descens) i concèntrica (ascens) durant l'execució d'un *squat* (Visnes i Bahr, 2007; Curwin i Stanish, 1984).

A l'inici d'aquesta apartat sobre l'estat de la qüestió, hem descrit alguns dels factors que poden determinar el comportament mecànic dels tendons, com per exemple el volum i la quantitat de ponts-creuat entre les fibres de col·lagen (i.e. el que correspondria amb una major capacitat per a resistir tensions) (Curwin, 2005). Des del

treball presentat per Curwin i Stanish (1984), els quals recomanaven l'entrenament excèntric per a la rehabilitació de la TR durant la dècada dels '80, es poden trobar tota una sèrie d'estudis amb protocol de RCT en la mateixa línia d'investigació (Bahr et al., 2006; Biernat et al., 2014; Cannell et al., 2001; Dimitrios et al., 2012; Frohm et al., 2007; Jensen i Di Fabio, 1989; Jonsson i Alfredson, 2005; Kongsgaard et al., 2009; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005). No obstant, tot i la quantitat considerable de treballs que han investigat sobre la utilització d'un programa específic d'entrenament utilitzant la fase excèntrica com a factor principal, no va ser fins a l'any 2007 que Kongsgaard et al. (2007) varen demostrar per primera vegada la hipertrofia del tendó rotulià posterior a l'entrenament de la força de quàdriceps. En aquest mateix sentit, anteriorment, a l'any 2003, Reeves et al. (2003b) varen observar que a través d'un programa d'entrenament de força de quàdriceps es podia augmentar la *stiffness* i el mòdul d'elasticitat i reduir la histèresi del tendó rotulià. Tenint en compte que hi ha estudis que plantegen aïllar o accentuar (e.g. realitzar la fase excèntrica amb la cama afectada i la concèntrica amb les dues cames) el treball durant la fase excèntrica (Bahr et al., 2006; Biernat et al., 2014; Dimitrios et al., 2012; Frohm et al., 2007; Jensen i Di Fabio, 1989; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005), cal destacar que en cap dels dos estudis anteriorment citats no es va optar per aquesta metodologia –en ambdós els individus completaven el treball executant la fase excèntrica seguida de la concèntrica (i.e. SSC), per tant sense provocar cap aïllament de les accions excèntriques–. De la mateixa manera, una SR més actual sobre els efectes dels programes d'entrenament de la força en les tendinopaties aquília i rotuliana també ha suggerit l'execució de les dues fases sense aïllar l'excèntrica (Figura 13) (Malliaras et al., 2013).

Table 3 Characteristics of Alfredson, Stanish and Curwin, Silbernagel and HSR programmes

Programmes	Type of exercise	Sets, reps	Frequency	Progression	Pain
Alfredson	Eccentric	3, 15	Twice daily	Load	Enough load to achieve up to moderate pain
Stanish and Curwin	Eccentric-concentric, power	3, 10-20	Daily	Speed then load	Enough load to be painful in third set
Silbernagel	Eccentric-concentric, eccentric, faster eccentric-concentric, balance exercise [30, 41], plyometric [23]	Various	Daily	Volume, type of exercise	Acceptable if within defined limits ^a
HSR	Eccentric-concentric	4, 15-6	3×/week	15-6 RM	Acceptable if was not worse after

reps repetitions, *RM* repetition maximum

^a Moderate (less than 5 of 10 on a visual analogue scale, 10 = worst pain imaginable); subsided by the following day

Figura 13. Característiques dels programes d'entrenament per al tractament de la tendinopatia Aquília i la TR amb major influència científica (Malliaras et al., 2013).

L'estudi més recent dels destacats en la SR de Malliaras et al. (2013), és el de Kongsgaard et al. (2009). En aquest RCT es creen 3 grups de pacients afectats per TR. Un primer grup rebia infiltracions peritendinoses de corticoides, un segon grup executava un entrenament excèntric aïllat segons el protocol de Purdam et al. (2004) –basat en la metodologia de Alfredson et al. (1998)–, i un tercer grup executava un nou protocol d'entrenament de força d'elevada resistència i baixa velocitat d'execució (HSR). A diferència dels protocols d'entrenament estàndard per a la TR, el grup que seguia el programa HSR presentava evidents diferències: només entrenava 3 vegades per setmana en dies no consecutius, realitzava 3 exercicis de força de quàdriceps en cada sessió, executant 4 sèries de cada exercici i progressant des d'intensitats de 15 repeticions màximes (RM) fins a 6RM. Un altre factor a destacar, tal i com ja feien Curwin i Stanish (1984), consisteix en el fet de no aïllar la fase excèntrica i, per tant, executar en cada repetició la fase concèntrica després de l'excèntrica (i.e. SSC). No obstant, i a diferència de Curwin i Stanish (1984), els quals advocaven per l'augment progressiu en la velocitat de l'execució, en el HSR cada fase s'executava a una velocitat constant de 3 segons de duració (i.e. baixa velocitat) durant les 12 setmanes d'entrenament. En general, els resultats obtinguts varen demostrar diferències significatives a favor del grup HSR a curt (i.e. 12 setmanes) i llarg termini (i.e. 6 mesos) en relació a: l'edema i vascularització, la regeneració del col·lagen, l'escala analògica visual de dolor (VAS) i el qüestionari VISA-p (Visentini et al., 1998).

Segons Wang et al. (2012), existeix la necessitat de crear programes d'exercici on s'evitin les càrregues de treball excessives (Figura 14), amb la finalitat d'estimular la regeneració tendinosa evitant l'excessiva resposta cicatricial i la possible aparició de molècules d'adhesió tissular (Figura 15) (Kjaer, 2004).

Mechanical Load Level	Effects on tendon
Low	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ tensile strength • ↓ size • ↓ collagen production • ↓ anabolic activities • ↑ catabolic activities
Moderate	<ul style="list-style-type: none"> • ↑ tensile strength • ↑ collagen synthesis • ↓ collagen degradation • ↓ adhesions • ↓ inflammatory mediator (e.g., PGE₂) • ↑ TSCs differentiating into tenocytes
Excessive	<ul style="list-style-type: none"> • ↓ tensile strength • ↓ collagen organization • ↑ myofibroblasts • ↑ inflammatory mediators • ↑ TSCs differentiating into non-tenocytes (adipocytes, osteocytes, chondrocytes) • ↑ leukotrienes (↑ edema)

Figura 14. Efectes sobre el tendó de les diferents càrregues mecàniques aplicades, on es poden observar els efectes negatius de les càrregues, tant les excessivament baixes (*low*) com les excessivament elevades (*excessive*) (Wang et al., 2012).

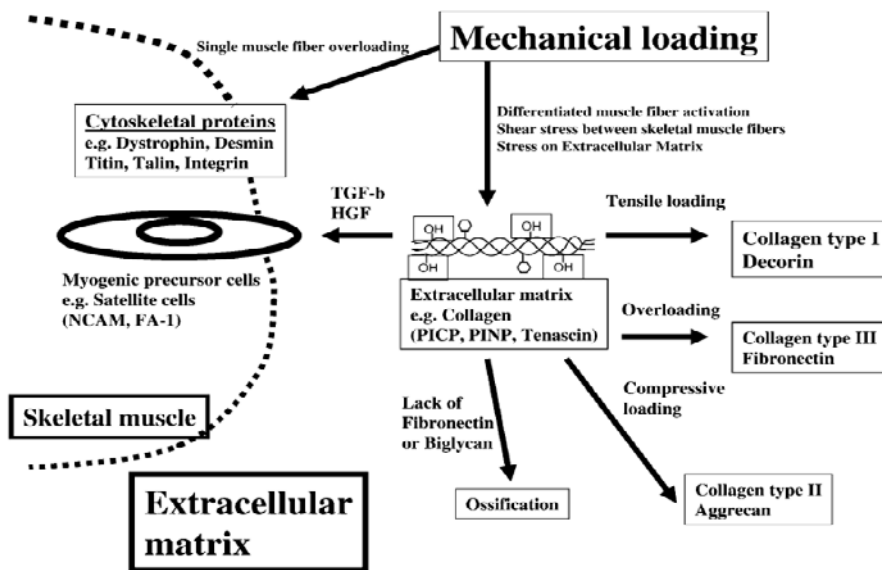


Figura 15. Hipòtesi sobre les respostes adaptatives a nivell de la matriu extracel·lular del múscul sotmès a càrregues excèntriques, on s'observa que una excessiva càrrega mecànica podria estimular la formació de col·lagen tipus-III i fibronectina –proteïnes presents en proporcions elevades en les regions de ruptura tendinosa (Kjaer, 2004).

Un dels factors de risc a controlar per tal d'evitar les càrregues de treball excessives a nivell dels tendons és la freqüència d'entrenament. En aquest sentit, ha sigut demostrat que la síntesi de col·lagen en el tendó presenta el seu pic màxim a les 24 hores post-exercici i va minvant durant els tres dies posteriors (Magnusson et al., 2010; Miller et al., 2005). Tenint en compte que la capacitat biològica de recuperació (i.e. *turnover*) dels tendons és lenta en comparació al múscul (Kannus et al., 1997), aquest podria ser un dels motius pel qual els programes d'entrenament plantejats en els diferents estudis existents han anat progressant des de les 2 sessions diàries (i.e. matí i tarda) (Bahr et al., 2006; Jonsson i Alfredson, 2005; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005) fins a les 2 o 3 sessions setmanals (Frohm et al., 2007; Kongsgaard et al., 2009).

LA RESISTÈNCIA INERCIAL I LA SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA

Un dels primers investigadors en utilitzar la resistència inercial a través de l'anomenada "*flywheel*" [i.e. volant d'inèrcia –roda pesada que gira sobre el seu propi eix (Figura 16)] va ser el Dr Archibald V. Hill a l'any 1922 (Tous-Fajardo, 2010). En el seus experiments va poder observar que l'eficiència mecànica és major durant l'execució d'esforços a màxima intensitat en comparació als submaximals ocupant el mateix temps, i que el major esforç es dona a una velocitat més òptima (Hill, 1922). No obstant, el seu treball es va centrar en estudiar l'esforç durant la fase concèntrica.

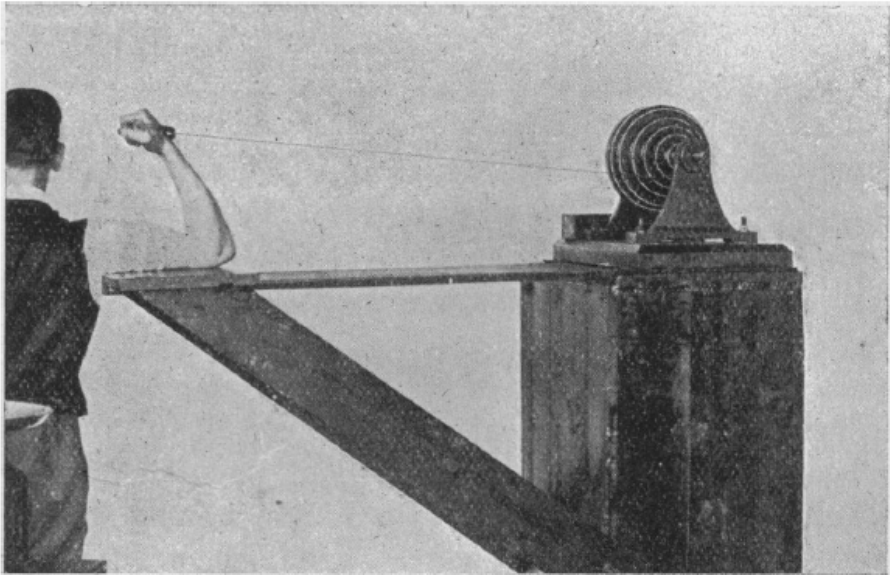


Figura 16. Dispositiu de resistència inercial *flywheel* (Hill, 1922).

Fou cap a finals dels '80 quan es va presentar l'anomenada tecnologia YoYo, amb les primeres publicacions realitzades per part dels doctors Hans E. Berg i Per A. Tesch (Berg i Tesch, 1992, 1994 i 1998). La Figura 17 descriu esquemàticament el mecanisme pel qual l'energia inercial

generada durant la fase concèntrica de l'acció muscular provoca una resistència de la mateixa magnitud (i.e. isoinercial) però de sentit contrari, que haurà de ser frenada (i.e. desaccelerada) durant la fase excèntrica.

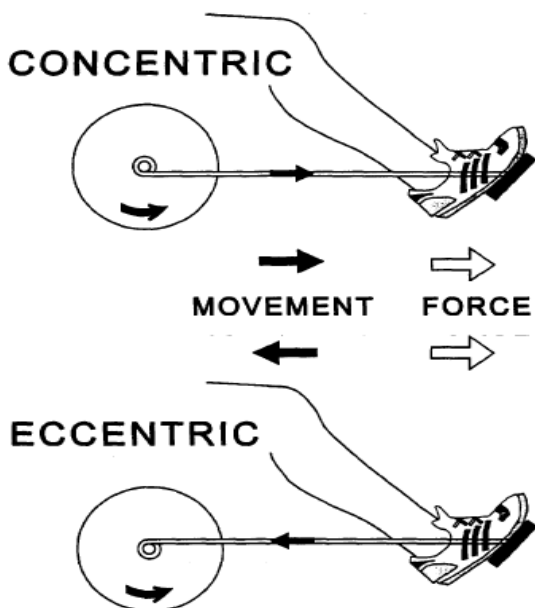


Figura 17. Esquema del funcionament de la tecnologia YoYo. La imatge superior representa l'execució de la fase concèntrica durant la qual la força generada per l'executor al empènyer la plataforma amb els peus, provoca el gir de la *flywheel* degut al fet de provocar una tracció en el cinturó fixat a l'eix de la mateixa. La imatge de sota representa la subsegüent fase excèntrica provocada per l'energia inercial generada durant la fase concèntrica que haurà de ser frenada (i.e. desaccelerada) per part de l'executor durant el tram final de l'ADM, provocant així una sobrecàrrega excèntrica (Berg i Tesch, 1992, 1994 i 1998).

La tecnologia YoYo –fent referència a la joguina amb el mateix nom– permet desenvolupar grans forces durant les fases concèntrica i excèntrica, especialment durant el SSC, podent obtenir una marcada sobrecàrrega excèntrica en el tram final de l'acció (Figura 18) (Tesch et al., 2004).

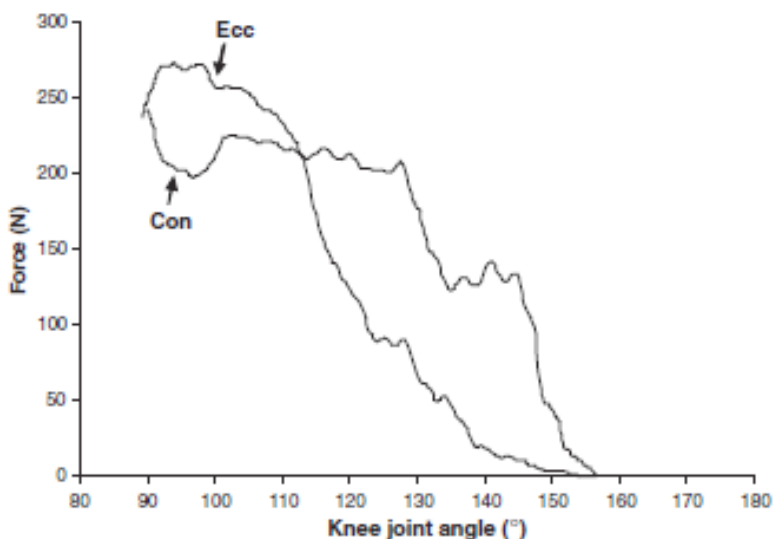
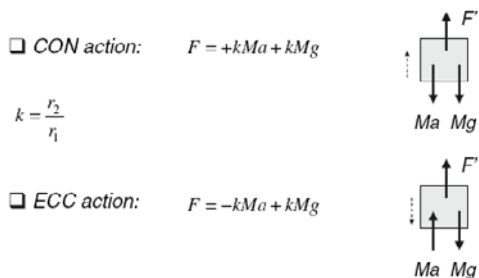


Figura 18. Representació gràfica de la sobrecàrrega excèntrica experimentada en el darrer terç de l'ADM de flexió de genoll durant la fase excèntrica (Tesch et al., 2004).

L'explicació del motiu pel qual amb aquesta tecnologia –basada en el concepte *flywheel*– es pot obtenir una sobrecàrrega excèntrica, radica en la manera d'executar cada repetició (i.e. SCC). Per a una òptima utilització de la resistència inercial, es requereix que l'executor desenvolupi una màxima força durant la fase concèntrica, per a posteriorment només acompanyar el moviment durant el primer (Tesch et al., 2004) o els dos primers terços (Tous-Fajardo, 2010) de la subsegüent fase excèntrica i així desaccelerar tota l'energia generada al final de l'acció. Per a una més profunda apreciació dels efectes provocats per la resistència inercial YoYo, l'estudi de Norrbrand et al. (2008) resulta molt il·lustratiu degut a la descripció comparativa realitzada en base a un mateix exercici d'extensió de genoll a través d'una resistència gravitacional (i.e. pesos) en comparació a la resistència inercial (Figura 19). Els resultats de l'estudi mostren majors adaptacions musculars després de 5 setmanes d'entrenament en el grup que treballava amb la tecnologia YoYo, destacant que amb

els pesos els valors eren superiors durant la fase concèntrica en comparació a l'excèntrica. Pel contrari, amb la resistència inercial els valors s'igualaven i, fins i tot, en alguns individus la fase excèntrica podia arribar a ser superior a la concèntrica (Norrbrand et al., 2008, Norrbrand et al., 2011).

WEIGHT STACK MACHINE



FLYWHEEL DEVICE

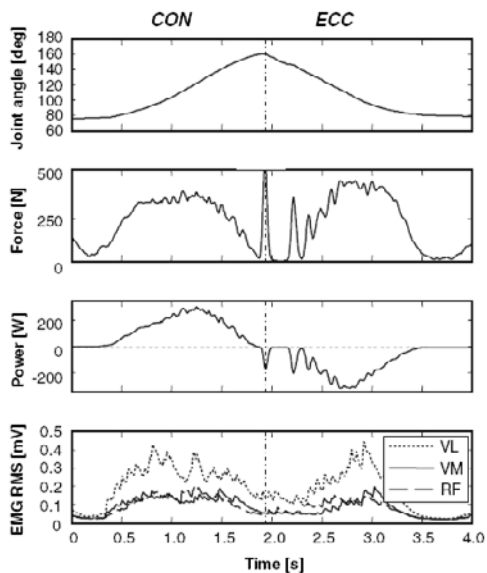
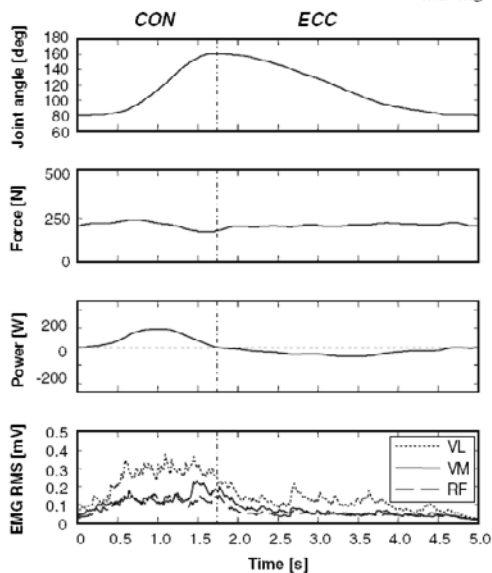
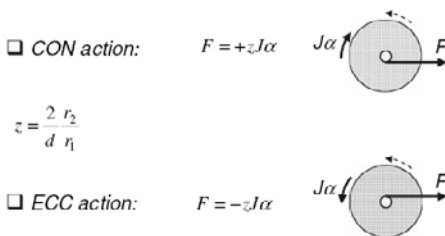


Figura 19. En aquestes gràfiques es poden comparar les conseqüències del fet d'exercitar-se amb un aparell de pesos tradicional –dependent de la gravetat– (imatges de l'esquerra) i el mateix equipament adaptat per a la tecnologia YoYo –resistència inercial, no dependent de la gravetat– (imatges de la dreta) (Norrbrand et al., 2008).

Aquesta mateixa tecnologia ha demostrat tenir efectes positius després de l'entrenament en diversos estudis amb disseny RCT (Onambélé et al., 2008; Greenwood et al., 2007; Askling et al., 2003). Destacant les millores significatives en comparació a un CG en la potència de quàdriceps i l'equilibri en persones majors (Onambélé et al., 2008), en nivells de força de quàdriceps, equilibri i salt en persones amb antecedents de lesions a nivell del genoll (Greenwood et al., 2007), i en el rendiment físic (i.e. força i velocitat) i la prevenció de lesions d'isquiosurals en futbolistes d'elit (Askling et al., 2003).

JUSTIFICACIÓ

Una vegada exposats els resultats obtinguts en l'estudi de Kongsgaard et al. (2009), posteriorment destacat en una SR (Malliaras et al., 2013), sorgeix la necessitat d'investigar els efectes de noves propostes d'intervenció a través del treball muscular amb sobrecàrrega excèntrica, on s'incideixi en el SSC que es produeix durant la transició entre les fases excèntrica i concèntrica, apropant-nos així a les accions esportives on s'involucri l'acció de salt.

Per altra banda, serà també necessari exposar als esportistes a situacions on la velocitat d'execució de les accions sigui elevada, per tal d'aconseguir una major transferència de les adaptacions creades a les situacions reals. En aquest sentit, ja hem fet referència a l'apartat anterior al treball de fa més de trenta anys de Curwin i Stanish (1984) on es proposa un augment progressiu de la velocitat d'execució de les accions realitzades. No obstant, altres autors (Khan et al., 2005) han plantejat una altre metodologia de treball on, inicialment, la progressió durant el tractament sigui en base a la resistència per després, al cap d'un mínim de 3 mesos, progressar en quant a la velocitat (Figura 20).

Timing	Type of overload	Activity
0–3 months	Load endurance	Hypertrophy and strengthen the affected muscles, focus attention on the calf as well as the quadriceps, gluteals
3–6 months	Speed endurance	Weightbearing speed-specific loads
6+ months	Combinations dependent on sport (e.g., load, speed)	Sports-specific rehabilitation

Figura 20. Proposta de programa d'entrenament de la força pel tractament de la TR (Khan et al., 2005).

Els resultats d'una SR que analitzava els efectes de l'entrenament concèntric en comparació a l'excèntric (Roig et al., 2009), a part de demostrar la superioritat del segon a nivell dels augments en força i massa muscular, indiquen que aquestes adaptacions semblen estar directament relacionades amb les elevades intensitats desenvolupades durant la fase excèntrica i –conclouen– són altament específiques a la velocitat d'execució de les mateixes. Per tant, és possible considerar que la velocitat també pot tenir un paper significatiu en l'aplicació de l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica en la TR. En el cas específic de població esportiva, encara sembla que pugui ser més rellevant el fet de progressar des de càrregues executades a baixes i mitges velocitats cap a accions desenvolupades a altes velocitats. D'aquesta manera es procura la correcta adaptació del MTC dels subjectes que han de desenvolupar accions considerades com a explosives.

Segons apunten Maffulli i Longo (2008), existeixen encara molts paràmetres que requereixen ser concretats en relació a les càrregues d'entrenament en les tendinopaties (e.g. execucions amb un cert dolor o sense, realitzats a casa per part del pacient o físicament supervisats, de més o menys setmanes de duració). No obstant, tal i com anys enrere afirmaven Stanish et al. (1986), expliquen que hi ha

3 factors bàsics en la progressió dins d'un programa d'entrenament excèntric: 1) la longitud del tendó (i.e. ADM adequades per tal d'assolir el suficient estirament del tendó i del mateix MTC), 2) la quantitat de resistència a vèncer (i.e. incrementant de forma progressiva la càrrega externa aplicada), i 3) la velocitat d'execució (i.e. a l'incrementar la velocitat d'execució de les accions també augmentaran les tensions transmeses a través del propi tendó).

Durant el treball de força mitjançant la tecnologia YoYo, on podríem dir que la velocitat d'execució es mostra submàxima en cada repetició, es pot realitzar el SSC (i.e. amb el pertinent estirament del MTC) i permet provocar una sobrecàrrega excèntrica evident. Tenint en compte aquesta possibilitat de sobrecàrrega excèntrica i la qualitat de la transició excèntrica–concèntrica aconseguida amb aquesta tecnologia, ens vàrem plantejar investigar sobre els efectes que podia tenir l'entrenament de força de quàdriceps a través d'aquest tipus de resistència inercial en esportistes afectats de TR o amb elevat risc de patir aquesta lesió.

HIPÒTESI I OBJECTIUS

HIPÒTESI

La tesi aquí presentada pretén augmentar el coneixement científic existent envers l'eficàcia de l'entrenament de força amb resistència inercial en esportistes afectats o amb risc de patir una TR crònica. Aquesta metodologia de treball permet provocar una sobrecàrrega excèntrica, incidint en l'estimulació mecànica del tendó durant l'acció excèntrica i més específicament en la transició excèntrica-concèntrica del SCC. La hipòtesi principal es base en els efectes beneficiosos que aquets mètode d'entrenament pot tenir a nivell de la TR crònica en esportistes.

OBJECTIU GENERAL

Avaluar els efectes de l'entrenament de la força amb sobrecàrrega excèntrica mitjançant resistències inercials en esportistes afectats o amb risc de patir una TR.

OBJECTIUS ESPECÍFICS

1. Investigar l'eficàcia terapèutica d'un innovador mètode de tractament de la TR crònica basat en l'entrenament de la força mitjançant una resistència inercial.
2. Analitzar els efectes de l'entrenament de la força amb resistència inercial durant el període competitiu d'esportistes amb risc de patir una TR.

METODOLOGIA

DESCRIPCIÓ GENERAL DE LA METODOLOGIA UTILITZADA

Per tal d'analitzar la hipòtesi d'estudi es varen realitzar dos estudis longitudinals: Estudi-1 i Estudi-2.

L'estudi-1 presenta el disseny d'estudi prospectiu sobre una sèrie de 10 casos d'esportistes crònicament afectats per TR, 5 dels quals patien d'una afectació bilateral (i.e. 15 tendons afectats). Aquest primer treball té com a finalitat la demostració de la hipòtesi d'estudi a través d'assolir el primer objectiu específic plantejat de la tesi.

L'Estudi-2 és un assaig controlat amb aleatorització de la mostra (i.e. RCT) que va comptar amb la participació de 8 equips de bàsquet i voleibol, els dos esports amb major prevalença de TR. L'execució d'aquest segon estudi pretén complir amb el segon objectiu específic.

La proposta metodològica plantejada en aquesta tesi presenta una intencionalitat d'intervenció, amb la finalitat d'investigar sobre l'aplicació de diferents plans de treball destinats al tractament d'esportistes afectats de TR o, per altra banda, esportistes amb risc de patir-la.

En les següents seccions es detallen les dades relatives a les publicacions dels treballs, els resums dels estudis realitzats i, finalment, es proporciona una còpia de cada article publicat segons el format de la revista científica corresponent. Aquesta seqüència de documents es presenta seguint l'ordre cronològic dels estudis (i.e. Estudi-1 i Estudi-2).

DADES RELATIVES A LA PUBLICACIÓ DEL PRIMER ESTUDI

Títol de l'estudi:

Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case-series study.

Citació de la publicació:

Romero-Rodríguez D, Gual G, Tesch PA. *Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study.* *Phys Ther Sport.* 2011; 12(1):43-8.

Dades de la revista:

Physical Therapy in Sport; Factor d'impacte: 1.653 (2014); Àrea: *Rehabilitation, Sport Sciences*; Quartil: Q2.

RESUM DEL PRIMER ESTUDI

L'entrenament de la força emfatitzant la fase excèntrica de les accions musculars ha rebut una gran atenció en les investigacions sobre el tractament de les tendinopaties. És per aquest motiu que ens varem plantejar la realització d'aquest primer estudi, el qual tenia com a objectiu l'avaluació dels efectes d'un innovador programa d'entrenament de la força d'EEII a través de la utilització d'una premsa de cames equipada amb un sistema de resistència inercial.

Amb aquesta intenció es va realitzar un estudi longitudinal amb mesures pre-post sobre una sèrie de 10 casos d'esportistes crònicament afectats per la TR, 5 dels quals patien una afectació bilateral (i.e. 15 tendons rotulians afectats). Els participants completaren un programa de 6 setmanes d'entrenament de força de quàdriceps amb una premsa de cames inercial (i.e. *flywheel*). Les mesures realitzades abans i després de la intervenció avaluaven la força màxima de cames, l'alçada en el salt vertical (i.e. CMJ) i l'activitat electromiogràfica (EMG) de superfície de la musculatura paravertebral lumbar, recta femoral, bíceps femoral i gastrocnemi medial. A més, abans de l'inici de l'entrenament, un cop finalitzat i a les 12 setmanes de seguiment, els participants varen completar la VAS del dolor i el qüestionari VISA-p. L'anàlisi estadístic va consistir en el comparació dels resultats pre-post mitjançant el test de Wilcoxon (i.e. *signed-rank*, $p < 0,05$). En el cas de la VAS i la VISA-p l'anàlisi es va repetir tenint en compte la comparativa post-seguiment.

Els resultats obtinguts mostraren un augment estadísticament significatiu de la força de quàdriceps posterior a la intervenció durant la fase excèntrica en el 90% dels participants ($p=0,03$), amb una reducció de l'activitat EMG del múscul recta femoral del mateix

costat de l'afectació durant la fase concèntrica en el 73% de la mostra ($p=0,03$). No es varen observar diferències estadísticament significatives en la comparativa pre-post en relació al test CMJ (tot i que el 70% dels individus varen millorar), no obstant, es va observar una reducció de l'activitat EMG del múscul recta femoral i la musculatura paravertebral lumbar corresponents al costat afectat per la lesió durant la fase de descens (80%, $p=0,01$ i 66% $p=0,02$, respectivament). La VAS del dolor i el qüestionari VISA-p milloraren després de la intervenció (60% i 86% respectivament, $p<0,01$), i no experimentaren canvis significatius durant el seguiment.

En acord amb els resultats, es va concloure que un programa d'entrenament de la força de quàdriceps amb sobrecàrrega excèntrica de tant sols 6 setmanes de duració, pot millorar la funció muscular i reduir la simptomatologia en esportistes afectats per TR.

**CÒPIA DE L'ARTICLE PUBLICAT
DEL PRIMER ESTUDI**
(Versió preprint)



TITLE PAGE

Manuscript title

Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case-series study.

Authors' name and affiliation

D. Romero-Rodriguez, PhD (*). Blanquerna Faculty of Health Sciences, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain. EUSES (University School of Sport and Health), Universitat de Girona, Girona, Spain.

G. Gual, MPT. PhD Candidate at the Faculty of Medicine and Health Sciences, Universitat Internacional de Catalunya, Spain. Blanquerna Faculty of Health Sciences, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain.

P.A. Tesch, PhD. Department of Health Sciences, Mid Sweden University, Östersund, Sweden.

(*). Corresponding author:

Dr. Daniel Romero

Universitat de Girona

EUSES (University School of Sport and Health)

Francesc Macià 65, 17190 Salt, Girona, Spain

E-mail: daniel.romero@cadscrits.udg.edu

Phone: +34 XXXXXXXXXX

ABSTRACT

Study Design: Case-series study with pre- vs. post-test measurements design.

Background: Strength training programs emphasizing eccentric muscle actions have received much attention in the treatment of tendinopathies. The current study reports on the efficacy of a novel strength training paradigm using inertial eccentric-concentric resistance to treat chronic patellar tendinopathy.

Case Description: Ten athletes with chronic patellar tendinopathy (15 tendons) volunteered for the study. Subjects completed a 6-week training program employing a leg press flywheel ergometer. Pre and post measurements assessed lower limb maximal strength and vertical counter-movement-jump (CMJ) height. Surface electromyography (SEMG) analysis of paraspinal, rectus femoris, biceps femoris and medial gastrocnemius muscles were collected. All measurements were performed one week before and after the training period. Clinical measures of pain and tendon function were assessed by means of a visual analogue scale (VAS) and a patellar tendinopathy questionnaire (VISA) at baseline, post-training and follow-up (12 week). The Wilcoxon signed-rank test was employed for data comparisons.

Results: Eccentric strength increased after training (90%, $p<0.05$). Similarly, VAS and VISA scores improved after training as well (60% and 86% respectively, $p<0.01$). There were no changes in CMJ height.

Conclusion: Short-term training using inertial eccentric overload, prompted improved muscle function and reduced subjective pain in long-lasting patellar tendinopathy.

Key Words

Patellar tendinopathy; Eccentric; Resistance training; Inertial resistance

BACKGROUND

Patellar tendinopathy is a frequent adverse issue in elite and recreational athletes participating in sports relying on high intensity or high volume running or hopping actions (Cook, Khan, Harcourt, Grant, Young, & Bonar, 1997; Khan et al., 1996). Its aetiology is associated with overuse leading to complaints of pain localized to the lower insertion of the patellar tendon, which typically appears during and after physical activity (Fredberg & Bolvig, 1999).

While conservative treatment of patellar tendinopathy typically comprises combinations of passive techniques, e.g. rest, ultrasound, electrotherapy (Brukner & Khan, 1993; Cook & Khan, 2001; Ferretti, Ippolito, Mariani, & Puddu, 1983; Fredberg & Bolvig, 1999), few, if any, of these methods rest on evidence-based data. Indeed, these measures have not produced any positive effects in the treatment of chronic tendinopathy (Cook & Khan, 2001).

Strength training programs, and particularly those emphasizing eccentric muscle actions (Brockett, Morgan, & Proske, 2001; Frenette & Côte, 2000; Hortobagyi, Houmard, Fraser, Dudek, Lambert, & Tracy, 1998; LaStayo, Wolf, Lewek, Snyder-Mackler, Reich, & Lindstedt, 2003; Trappe, Carrithers, White, Lambert, Evans, & Dennis, 2002), have received much attention as potential aid in the treatment of tendinopathy. Overall, the results of past studies suggest that almost any training program employing supine or decline squats or devices

offering eccentric overload (Bahr, Fossan, Løken, & Engebretsen, 2006; Cannell, Taunton, Clement, Smith, & Khan, 2001; Frohm, Halvorsen, & Thorstensson, 2005; Frohm, Saartok, Halvorsen, & Renström, 2007; Jonsson & Alfredson, 2005; Kongsgaard et al., 2009; Purdam, Jonsson, Alfredson, Lorentzon, Cook, & Khan, 2004; Rabin, 2006; Stasinopoulos & Stasinopoulos, 2004; Visnes & Bahr, 2007; Young, Cook, Purdam, Kiss, & Alfredson, 2005), could improve clinical status and function in patients diagnosed with chronic tendinopathy. In spite of these investigations, it is also important to have into account the lack of positive effects after eccentric training in volleyball players with patellar tendinopathy (Visnes, Hoksrud, Cook, and Bahr, 2005). Nevertheless this intervention was carried out as home program training without a direct supervision of a physical therapist.

The aim of the current study was to explore the effects of a novel strength training paradigm in treating athletes with chronic patellar tendinopathy. A leg press flywheel ergometer (Berg & Tesch, 1994), allowing for coupled eccentric-concentric muscle actions with eccentric overload through inertial resistance, was used for training. The efficacy of this particular exercise modality has been validated in studies employing healthy subjects (Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003; Tous-Fajardo, Maldonado, Quintana, Pozzo, & Tesch, 2006), old populations (Onambélé et al., 2008) and patients recovering from knee injuries (Greenwood, Morrissey, Rutherford, & Narici, 2007) but not in highly trained athletes suffering from chronic

tendinopathy. We hypothesized that a short-term, low-frequency, yet highly intense resistance exercise program, using brief episodes of eccentric overload, would improve clinical status and muscle function in these patients.

CASE DESCRIPTION

Study design

This prospective case-series study employed an intervention group of patients to compare a battery of performance features and clinical assessments before (baseline) and after completing a six weeks resistance training program (pre- vs. post-test design). The sport training activities were not restricted through the intervention, although we recommended stopping them if symptoms increased. Clinical assessment measures were also obtained 6 weeks after completing the intervention (follow-up at week 12; Figure 1). All trials, tests and training sessions, carried out at the Blanquerna Biomechanics Laboratory (Ramon Llull University), were supervised by two of the investigators (DR and/or GG). The study protocol was approved by the Ramon Llull University Ethic and Research's Committee.

Subjects

Ten male athletes diagnosed with either unilateral or bilateral chronic patellar tendinopathy and recruited from the greater Barcelona region, complied with the study inclusion and exclusion criterions listed in Table 1. Patellar tendinopathy was diagnosed in every case by a medical doctor, only carrying out an echographic study in the subjects they considered after a detailed physical examination. The volunteers were fully informed about the purpose, commitments and potential risks associated with the study before an informed written consent was obtained. Age, height and body mass averaged (\pm SD) 25 ± 6 years, 178 ± 8 cm and 77.5 ± 11 kg. The treatment group comprised seven football (soccer) and two basketball players, and one distance runner, all competing at the national level. While five of these athletes were diagnosed with unilateral tendinopathy, the remaining five displayed bilateral tendinopathy. Hence, there were 15 patellar tendons examined in the current study. When entering the study, the pain associated with the diagnosis had persisted for 31.7 (range 6-96) weeks. Knowing sport activities were not restricted, 5 out of the 10 athletes decided to continue training in their sport clubs while following the intervention process.

Instrumentation and procedure

Muscle strength was measured with use of a force-platform device using strain-gauge technique, attached onto the lever arm of the leg press device (Figure 2), provided by the manufacturer (YoYo Technology AB, Stockholm, Sweden). This force gauge device summed the force from both feet acting on the platform (Berg & Tesch, 1994). The measuring system is compatible with the MuscleLab 3010 system used for force data acquisition and analysis (Ergotest, Langesund, Norway).

Surface electromyography (SEMG) activity was measured by the Noraxon TeleMyo 900 system (Noraxon, Scottsdale, Arizona, USA) at a sample frequency of 1000Hz. The signal was rectified, filtered (high pass: 10Hz; low pass: 500Hz) and smoothed (100ms) with use of Noraxon MyoResearch 2.10 software (Noraxon, Scottsdale, Arizona, USA), following the recommendations by SENIAM (Hermens et al., 1999). The root-mean-square (RMS) of the EMG amplitude was obtained from both sides of lumbar paraspinal muscles at L3 level (ES-R and ES-L), rectus femoris (RF-R and RF-L), biceps femoris (BF-R and BF-L) and medial gastrocnemius (MG-R and MG-L), according to the Cram and Kasman location (Cram & Kasman, 1998). The skin area of muscles to be examined was lightly abraded to reduce skin impedance. Anthropometric landmarks ensured identical electrode position across tests. Bipolar surface electrodes (Ambu® Blue Sensor N-00-S, Ambu A/S, Ballerup, Denmark) were placed longitudinally

over the muscle belly in the fiber direction. A reference electrode was positioned over the right tibial bone.

SEMG sampling was synchronised with kinematic data collection using the ELITE Motion Analyser System (BTS Bioengineering, Milan, Italy), allowing for three-dimensional motion assessment at a frequency of 100Hz. This kinematic analysis was performed in the Vertical counter-movement-jump (CMJ) and the Maximal force tests to differentiate the movement phases of these actions. Markers were placed either at the spinal process of L3 and the toe tip and heel of both feet (CMJ), or on the lateral malleolus (Maximal force test).

Patellar tendon pain and function were assessed by means of a visual analogue scale (VAS) (Paul-Dauphin, Guillemin, Virion, & Briançon, 1999; Price, McGrath, Rafii, & Buckingham, 1983), and the Victorian Institute of Sports Assessment (VISA) questionnaire (Visentini, Khan, Cook, Kiss, Harcourt, & Wark, 1998). Given our particular subject sample, we employed a Spanish translated version of the VISA questionnaire (Taunton, Lloyd-Smith, & Johnston, 2004). Related to VAS, the formulated question was “How much pain do you have right now?”

Strength training protocol

Subjects trained two times per week with at least two days of rest between sessions (Table 2). All sessions were supervised by one of the investigators (DR or GG). Following a standardized warm-up, the subjects performed four sets of 10 maximal bilateral coupled concentric and eccentric actions on the leg press device. The first two actions of each set were aimed at accelerating the flywheel (one single flywheel with moment inertia of 0.1452 kg m^2). The subsequent eight actions were performed with maximal effort, accelerating the wheel in the concentric action and upon completion, decelerating the wheel by means of an eccentric action. The concentric phase was executed from about 90° knee angle to almost full extension about the knee joint. The flywheel strap then rewinded by virtue of the inertial force thus initiating a reversed eccentric action. Subjects were instructed to resist gently during the first two thirds of the eccentric action and then apply maximal force to bring the wheel to a stop at approximately 90° . Thus eccentric overload was achieved in the last third of any eccentric action (window 3; Figure 2). Following completion of a full cycle, a concentric action was instantly initiated. There was a 2 min rest between sets.

Evaluation tests

All test acquisitions were carried out using an identical protocol and sequence one week before (baseline) and after the 6 week training program (Figure 1). An orientation and familiarization session, which included performance of 3 sets of 10 repetitions at moderate intensity on the leg press device, preceded baseline testing.

Maximal voluntary contraction (MVC) test

Prior to any test, MVC was determined based on three 5 s maximal isometric actions. EMG activity was measured concurrently and the highest mean RMS EMG value recorded for each muscle in any 3 s window was considered maximal EMG activity. This approach allowed us to compare any EMG data obtained in the battery of tests performed (i.e. normalized data).

Vertical counter-movement-jump (CMJ) test

While standing on the floor with hands resting on the iliac crests, subjects were instructed to perform a maximal vertical CMJ three times. The vertical displacement of the L3 mark was used to determine jump height. All markers were used to kinematically determine RMS EMG activity in the different phases of the jump (Figure 3). The

maximal jump height and RMS EMG activity in each jump phase were data processed from the three trials.

Maximal force test

While seated in the leg press device, subjects were instructed to execute one set of 5 bilateral actions, i.e. two submaximal actions preceded three actions with maximal effort. The malleolus landmark was used to define the start and stop of each action. Thus, each action was divided in three periods with identical displacement of the malleolus marker, obtaining three concentric and three eccentric periods. Subjects were instructed to apply maximal effort during the whole concentric action in order to accelerate the wheel and only in the last third of the eccentric action in order to break down the wheel (period number 3, Figure 2). The RMS EMG activity of both limbs rectus femoris muscles and the concentric and eccentric mean force were analyzed in the first third of the concentric action and in the last third of the eccentric action. This procedure was carried out for the three maximal repetitions, obtaining a mean value for concentric and another for eccentric actions.

Clinical assessment measures

VAS and VISA scores were collected in three different moments: the

week before (baseline) and after (post-training 6 week) the training program, and six weeks after finishing the intervention (follow-up 12 week).

Statistical analysis

Data were analysed with SPSS 11.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Normalized tests (Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk) were applied to all examined variables. Given the small subject sample size and lack of normal data distribution, Wilcoxon signed-rank test was used for pre-post test comparisons (baseline vs. post-training). With regard to VAS and VISA assessments, Wilcoxon test was also applied for the post-training vs. follow-up comparisons. The level of significance was set at $p < 0.05$.

RESULTS

Vertical counter-movement jump (CMJ)

Maximal CMJ height did not show change in response to training; however 7 out of the 10 subjects showed increased CMJ height. RMS EMG activity of mm. rectus femoris and erector spinae of the injured knees during the descent phase decreased after training (80%, $p = 0.01$ and 66% $p = 0.02$ respectively). There were no pre-post differences in

EMG activity of other studied muscles in any of the CMJ phases.

Maximal force

Maximal eccentric force increased (90%, $p=0.03$) following training. There was a tendency to increased maximal concentric force (70%). For details see Table 3 and Figures 4 and 5. Concentric RMS EMG activity of m. rectus femoris of the injured limb decreased (73%, $p=0.03$) after training, and there was a tendency to increased eccentric RMS EMG activity of this muscle (66%).

Clinical assessment measures

Patellar tendon pain, as assessed by VAS, decreased after training (60%, $p<0.01$). Likewise, VISA questionnaire showed improved functional capacity and performance after training (86%, $p<0.01$). There were no further changes in VAS or VISA in the 12 week follow-up compared to post-training (Table 4; Figures 6 and 7).

DISCUSSION

The current investigation reports marked clinical improvement accompanied by increased strength and neuromuscular activation in response to eccentric overload resistance training in athletes

suffering from chronic patellar tendinopathy. Albeit our findings at large support earlier reports (Bahr et al., 2006; Cannell et al., 2001; Frohm et al., 2007; Jonsson & Alfredson, 2005; Kongsgaard et al., 2009; Purdam et al., 2004; Rabin, 2006; Stasinopoulos & Stasinopoulos, 2004; Visnes & Bahr, 2007; Young et al., 2005), they are novel in that these positive results were prompted by a short-term, low-frequency intervention (6 weeks; 12 exercise sessions; <24 min contractile activity), characterized by maximal effort and eccentric overload in each repetition, and employed in highly trained athletes.

While eccentric mean force increased in response to training, concentric mean force showed no significant increase. Yet, there was an overall robust increase in muscle strength. In this context, the substantial inter-individual variation in muscle strength and subjective pain, both before and after the intervention, should be acknowledged. This is an inherent problem in any experiment involving patients in pain and calling for cooperation while performing exercise at maximal voluntary effort. Hence, the statistical power required to show significant responses to any exercise intervention is typically rather substantial.

No previous study, exploring the efficacy of strength training emphasizing eccentric actions in the treatment of patellar tendinopathy, have reported EMG activity along with changes in muscle strength or function. The results in the maximal force test, assessed in the same device where subjects carried out the training,

showed a correlation between the increase of rectus femoris activity and strength during the eccentric action. Even taking into account concentric action also showed a tendency to increase the strength result, rectus femoris EMG activity decreased in this action. One possible explanation could be the task-specificity carried out, i.e. although the concentric action was not eliminated during the task, the investigators pointed out the need to apply all the effort in the last third of the eccentric action, thus achieving higher strength improvements in the lengthening phase comparing to the shortening one.

The rectus femoris and paraspinal muscles of the injured limb showed decreased EMG activity in the CMJ impulse phase and this was accompanied by a non-significant increase in CMJ height. Again, the increase in maximal strength, noted in the maximal force test, had no or a minute impact on performance in the more explosive CMJ task. Similarly, neither Bahr et al. (2006) nor Frohm et al. (2007) reported improved performance in the CMJ as a result of strength training involving eccentric actions. Collectively, while the benefits of eccentric training in reducing pain were substantial, it appears the associated improvements in muscle function were more subtle.

Signs of clinical improvement in response to resistance training comprising eccentric actions in patients diagnosed with patellar tendinopathy, were reported more than twenty years ago (Stanish, Rubinovich, & Curwin, 1986). As reviewed by Visnes & Bahr (2007),

more recent work have ascribed the reduced pain associated with patellar tendinopathy to the effects of the eccentric exercise component *per se* (Cannell et al., 2001; Frohm et al., 2007; Jonsson & Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Stasinopoulos & Stasinopoulos, 2004; Young et al., 2005). However, the preferred exercise paradigm or specifics of contractile activity exercise triggering this response, remains to be defined.

Albeit our study design did not allow us to compare the efficacy across studies, we believe the reported results were caused by the intervention because pain scores were not attenuated further over a 6 week period following completion of the training program. This is noteworthy given the long lasting clinical assessment of the patients examined here (exceeding on average 30 weeks).

To our knowledge, no previous study employed inertial resistance training to produce eccentric overload actions; an approach that has shown efficacy in healthy and trained individuals (Askling et al., 2003; Tous-Fajardo et al., 2006), older men and women (Onambélé et al., 2008), and patients recovering from knee trauma or surgery (Greenwood et al., 2007). Subjects in the current study were requested to apply maximal force in the concentric action. In the subsequent eccentric action, modest effort was applied at the beginning, and eccentric overload was produced in a narrow window in the last third of the movement. At first, this approach may appear somewhat challenging in lieu of the reported negative effects of isolated

concentric resistance training (Jonsson & Alfredson, 2005), obviously producing much less force and hence tendon strain in the treatment of subjects with patellar tendinopathy. If anything, the current results are commensurate with that forceful stretch-shortening actions can be tolerated and indeed reduce pain and symptoms of patellar tendinopathy.

Following this trend, the Kongsgaard et al. (2009) study compared corticosteroid injection versus isolated eccentric actions and heavy slow resistance training. The last group showed better improvements and combined eccentric and concentric muscle actions, as we have registered in our own study. One of the possible reasons to explain these results is the benefits the eccentric-concentric transitions may have in the chronically degenerated tendon, what is a possible research topic for further studies.

The positive clinical outcomes along with the improved muscle function shown here supports the implementation of high intensity, low-frequency exercise protocols emphasizing brief episodes of eccentric overload in the treatment of chronic patellar tendinopathy in athletes. It is worth noting that no more than 12 training sessions were performed over the 6 week intervention, and less than 24 min were dedicated to muscle contractile activity.

While our results are encouraging it remains to be proven whether the efficacy of this high eccentric force, low volume and frequency intervention, is superior to other exercise strategies using greater

volume and/or different eccentric exercise paradigms. On the other hand, it is important to point out the limitations of the present study. The lack of control group, even taking into account it is difficult to create one in a sport population looking to improve the functionality as fast as possible, is a major issue to bear in mind. Future studies using larger sample sizes should be designed such that the decisive stimulus (e.g. amplitude or rate of stretch, force of action, bilateral or unilateral execution) of the eccentric-concentric action (emphasizing on the eccentric phase) that triggers adaptations resulting in reduced pain in patients with chronic patellar tendinopathy, could be identified. The results of the current study suggest that resistance training by means of inertial resistance, aids in the treatment of chronic patellar tendinopathy.

ETHICAL STATEMENT

The current study protocol was approved by the Ramon Llull University Ethic's and Research's Committee.

The volunteers participating in the study were fully informed about the purpose, commitments and potential risks associated with the study before an informed written consent was obtained.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that they have no conflict of interests.

Dr Per A. Tesch is a co-owner of YoYo Technology AB. Dr Tesch has not participated in the intervention process, nor the data acquisition and analysis of this study.

ACKNOWLEDGEMENTS

We acknowledge Lluís Costa for valuable advises on statistical analysis, and the Blanquerna Biomechanics Laboratory's staff for advanced technical support.

This study was supported by the Professional Catalanian Board of Physiotherapy (Barcelona, Spain).

REFERENCES

- Asking C., Karlsson J., & Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Sciences in Sports*, 13(4), 244-50.
- Bahr R., Fossan B., Løken S., & Engebretsen L. (2006). Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *Journal of Bone and Joint Surgery, American volume*, 88(8), 1689-98.
- Berg H.E., & Tesch P.A. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 65(8): 752-6.
- Brockett C.L., Morgan D.L., & Proske U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5): 783-90.
- Brukner P., & Khan K.M. (1993). *Clinical sports medicine*. Sydney, Australia: McGraw-Hill.
- Cannell L.J., Taunton J.E., Clement D.B., Smith C., & Khan K.M. (2001). A randomized 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. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1): 60-4.

Cook J.L., Khan K.M., Harcourt P.R., Grant M., Young D.A., & Bonar S.F. (1997). A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. The Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *British Journal of Sports Medicine*, 31(4): 332-6.

Cook J.L., & Khan K.M. (2001). What is the most appropriate treatment for patellar tendinopathy? *British Journal of Sports Medicine*, 35(5): 291-4.

Cram J.R., & Kasman G.S. (1998). *Introduction to surface electromyography*. Gaithersburg, MD, U.S.: Aspen Publishers Inc.

Ferretti A., Ippolito E., Mariani P., & Puddu G. (1983). Jumper's knee. *American Journal of Sports Medicine*, 11(2): 58-62.

Fredberg U., & Bolvig L. (1999). Jumper's knee: Review of literature. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 9(2): 66-73.

Frenette J., & Côté C.H. (2000). Modulation of structural protein content of the myotendinous junction following eccentric contractions. *International Journal of Sports Medicine*, 21: 313-20.

Frohm A., Halvorsen K., & Thorstensson A. (2005). A new device for controlled eccentric overloading in training and rehabilitation. *European Journal of Applied Physiology*, 94: 168-74.

Frohm A., Saartok T., Halvorsen K., & Renström P. (2007). Eccentric

treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*, 41:e7.

Greenwood J., Morrissey M.C., Rutherford O.M., & Narici M.V. (2007). Comparison of conventional resistance training and the fly-wheel ergometer for training the quadriceps muscle group in patients with unilateral knee injury. *European Journal of Applied Physiology*, 101: 697-703.

Hermens H.J., Freriks B., Merletti R., Stegeman D., Blok J., Rau G., Disselhorst-Klug C., & Hägg G. (1999). *European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy: Results of the SENIAM Project*. Enschede, The Netherlands: Roessing Research and Development.

Hortobagyi T., Houmard J., Fraser D., Dudek R., Lambert J., & Tracy J. (1998). Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(2): 492-8.

Jonsson P., & Alfredson H. (2005). Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *British Journal of Sports Medicine*, 39: 847-50.

Khan K.M., Bonar F, Desmond P.M., Cook J.L., Young D.A., Visentini P.J., Fehrmann M.W., Kiss Z.S., O'Brien P.A., Harcourt P.R., Dowling R.J., O'Sullivan R.M., Crichton K.J., Tress B.M., & Wark J.D. (1996).

Patellar tendinosis (jumper's knee): findings at histopathologic examination, US, and MR imaging. *Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. Radiology*, 200: 821-7.

Kongsgaard M., Kovanen V., Aagaard P., Doessing S., Hansen P., Laursen A.H., Kaldau N.C., Kjaer M., & Magnusson S.P. (2009). Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19: 790-802.

LaStayo P.C., Woolf J.M., Lewek M.D., Snyder-Mackler L., Reich T., & Lindstedt S.L. (2003). Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation and sport. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33: 557-71.

Onambélé G.L., Maganaris C.N., Mian O.S., Tam E., Rejc E., McEwan I.M., & Narici M.V. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *Journal of Biomechanics*, 41: 3133-8.

Paul-Dauphin A., Guillemin F., Virion J.-M., & Briançon S. (1999). Bias and precision in visual analogue scales: a randomized controlled trial. *American Journal of Epidemiology*, 150(10): 1117-27.

Price D.D., McGrath P.A., Rafii A., & Buckingham B. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for

chronic and experimental pain. *Pain*, 17: 45-56.

Purdam C.R., Jonsson P., Alfredson H., Lorentzon R., Cook J.L., & Khan K.M. (2004). A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine*, 38: 395-7.

Rabin A. (2006). Is there evidence to support the use of eccentric strengthening exercises to decrease pain and increase function in patients with patellar tendinopathy? *Physical Therapy*, 86(3): 450-6.

Stanish W.D., Rubinovich R.M., & Curwin S. (1986). Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 208: 65-8.

Stasinopoulos D., & Stasinopoulos I. (2004). Comparison of effects of exercise programme, pulsed ultrasound and transverse friction in the treatment of chronic patellar tendinopathy. *Clinical Rehabilitation*, 18(4): 347-52.

Taunton J., Lloyd-Smith R., & Johnston C. (2004). Pierna. In: G.S. Kolt, & L. Snyder-Mackler (Eds), *Fisioterapia del deporte y el ejercicio* (pp. 442). Madrid, Spain: Elsevier.

Tous-Fajardo J., Maldonado R.A., Quintana J.M., Pozzo M., & Tesch P.A. (2006). The Flywheel Leg-Curl Machine: Offering Eccentric Overload for Hamstring Development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1: 293-8.

- Trappe T.A., Carrithers J.A., White F., Lambert C.P., Evans W.J., & Dennis R.A. (2002). Titin and nebulin content in human skeletal muscle following eccentric resistance exercise. *Muscle & Nerve*, 25: 289-92.
- Visentini P.J., Khan K.M., Cook J.L., Kiss Z.S., Harcourt P.R., & Wark J.D. (1998). The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 1(1): 22-8.
- Visnes H., & Bahr R. (2007). The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): A critical review of exercise programmes. *British Journal of Sports Medicine*, 41: 217-23.
- Visnes H., Hoksrud A., Cook J., & Bahr R. (2005). No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 15(4): 227-34.
- Young M.A., Cook J.L., Purdam C.R., Kiss Z.S., & Alfredson H. (2005). Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 39(2): 102-5.

TABLE CAPTIONS

Table 1. Inclusion and exclusion criterions.

Table 2. Training session.

Table 3. Maximal force results.

Table 4. Clinical assessment results.

FIGURE CAPTIONS

Figure 1. Study protocol.

Figure 2. Leg press machine with a schematic representation of the 3 kinematic windows and recording of SEMG activity during the maximal force test.

Figure 3. Kinematic phases of Vertical CMJ.

Figure 4. Leg press concentric force (box-plot graph).

Figure 5. Leg press eccentric force (box-plot graph).

Figure 6. Subjective pain measured by VAS (box-plot graph).

Figure 7. Subjective pain and tendon function measured by VISA questionnaire (box-plot graph).

Table 1. Inclusion and exclusion criterions.

Inclusion criteria	<ul style="list-style-type: none">▪ Male.▪ 18-35 years old.▪ Physically active (training / competition >3 d/w).▪ Chronic patellar tendinopathy diagnosis (lasting for a minimum period of 6 weeks, uni- or bilateral affectation).
Exclusion criteria	<ul style="list-style-type: none">▪ Other knee injuries (e.g. ligament rupture, meniscus or cartilage damage).▪ Any knee surgery.▪ Subjects undergoing invasive treatment or using orthotics.▪ Other exclusion factors, e.g. systemic, cardiac and/or respiratory diseases and neuromuscular disorders (e.g. Parkinson's disease, multiple sclerosis, stroke or peripheral neuropathy).

Table 2. Training session.

Warm-Up	<ul style="list-style-type: none">▪ Passive stretching exercises with progressive tension for 10 s of: paraspinals, major gluteus, medial gluteus, piriformis, iliopsoas, quadriceps, adductors, hamstrings and gastrocnemius muscles.▪ Aerobic exercise (i.e. running on a treadmill) at 75% of the estimated Max HR: 4 min of intensity progression; 5 min at 75% and 1 min cool-down.▪ Active stretching exercises with eccentric tension for 6 s of the quadriceps and hamstrings muscle groups.
Training	<ul style="list-style-type: none">▪ Resistance exercise using Yoyo Leg Press: 4 sets of 10 repetitions (reps 3-10 with maximal effort) with 2 min rest between sets.
Cool-Down	<ul style="list-style-type: none">▪ Aerobic exercise (i.e. running on a treadmill) at 60% of the estimated Max HR for 6 min.▪ Passive stretching exercises with progressive tension for 20 s (see Warm-Up).

Table 3. Maximal force results.

	Post – Pre	
	Increase: Number/Total (%)	95% CI
Concentric Mean Force	7/10 (70)	42 to 98
Eccentric Mean Force	9/10 (90)*	71 to 100*

%= percentage showing increase; CI= confidence interval; *significant change.

Table 4. Clinical assessment results.

	Post – Pre		Control – Post	
	Improvement: Number/Total (%)	95% CI	Improvement: Number/Total (%)	95% CI
VAS	9/15 (60)*	35 to 85	6/14 (43)	11 to 67
VISA	13/15 (87)*	64 to 98*	6/10 (60)	27 to 87

%= percentage of improvement; CI= confidence interval; *significant change

Figure 1. Study protocol.

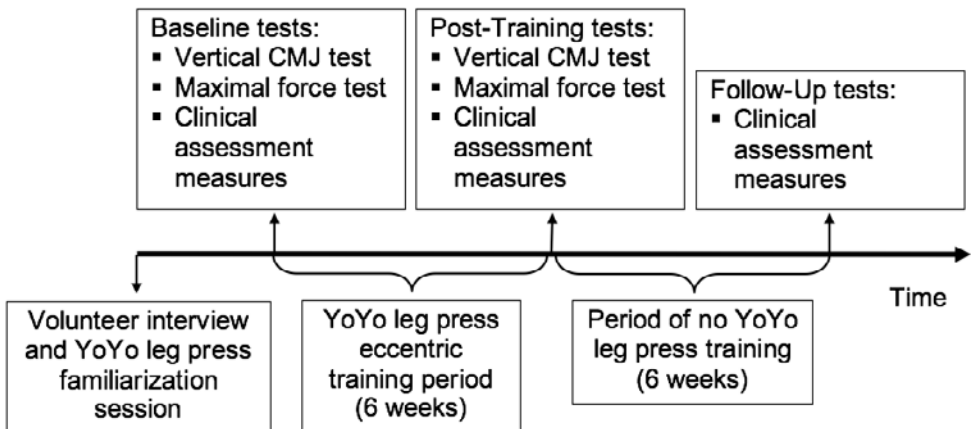


Figure 2. Leg press machine with a schematic representation of the 3 kinematic windows and recording of SEMG activity during the maximal force test.

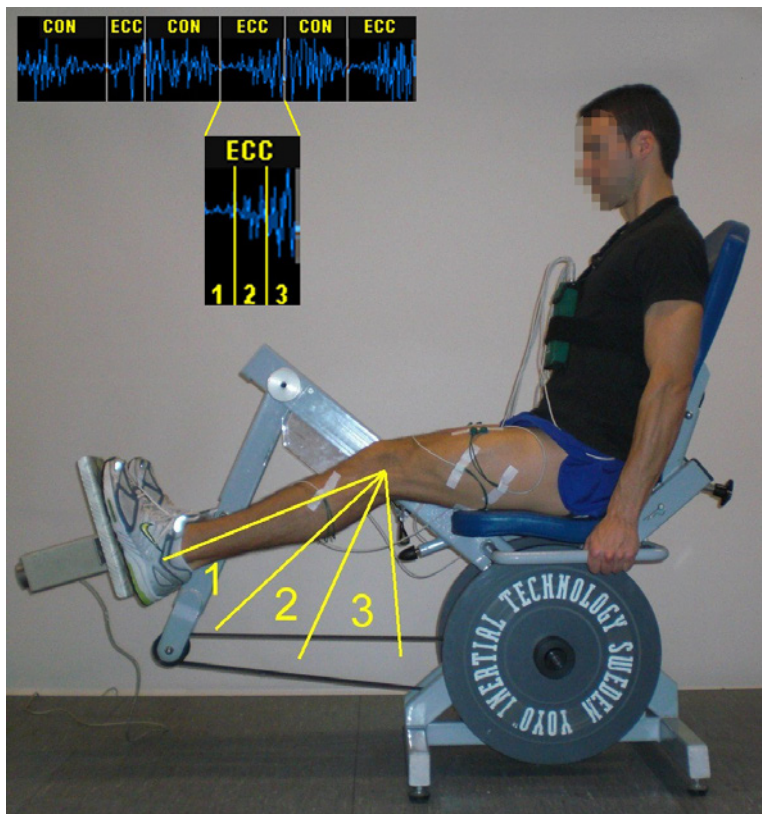


Figure 3. Kinematic phases of Vertical CMJ.

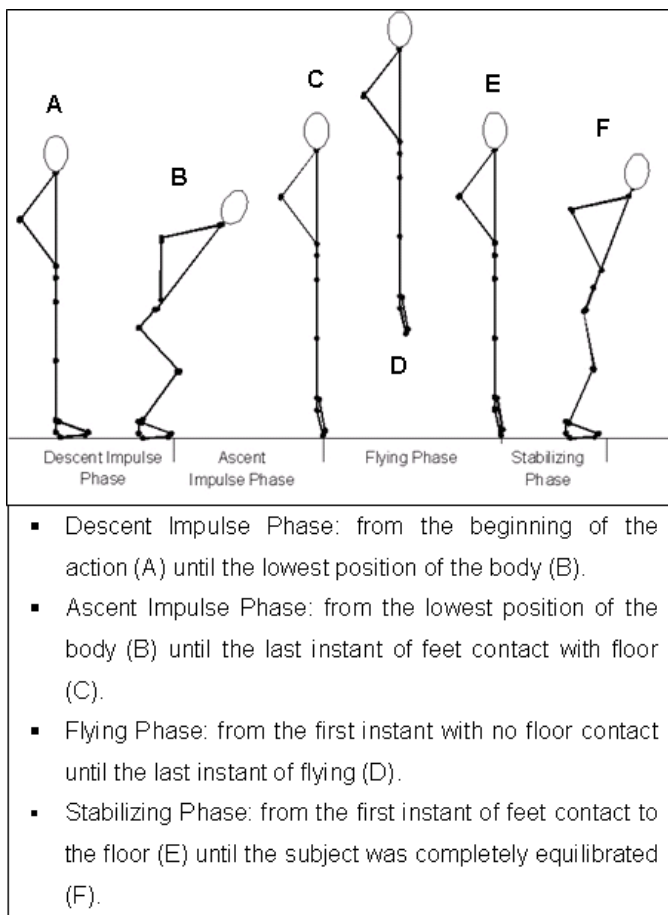


Figure 4. Leg press concentric force (box-plot graph).

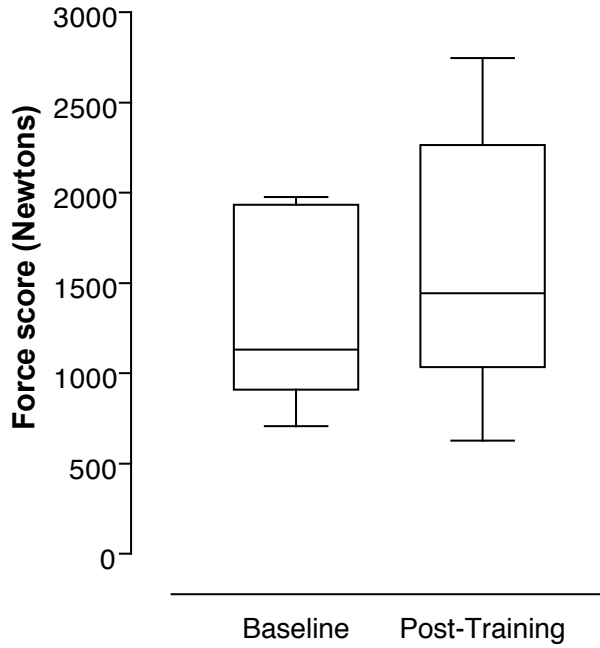


Figure 5. Leg press eccentric force (box-plot graph).

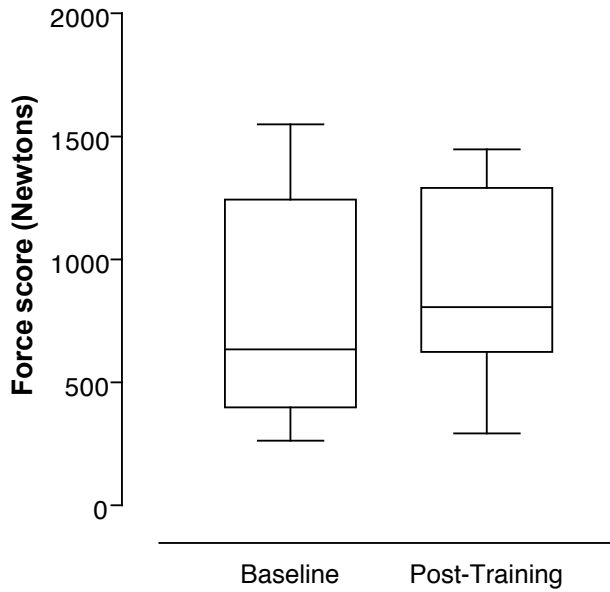


Figure 6. Subjective pain measured by VAS (box-plot graph).

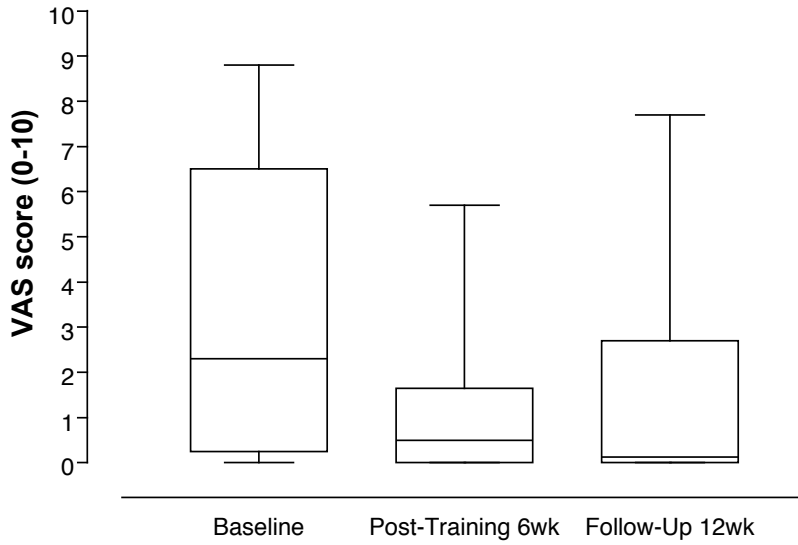
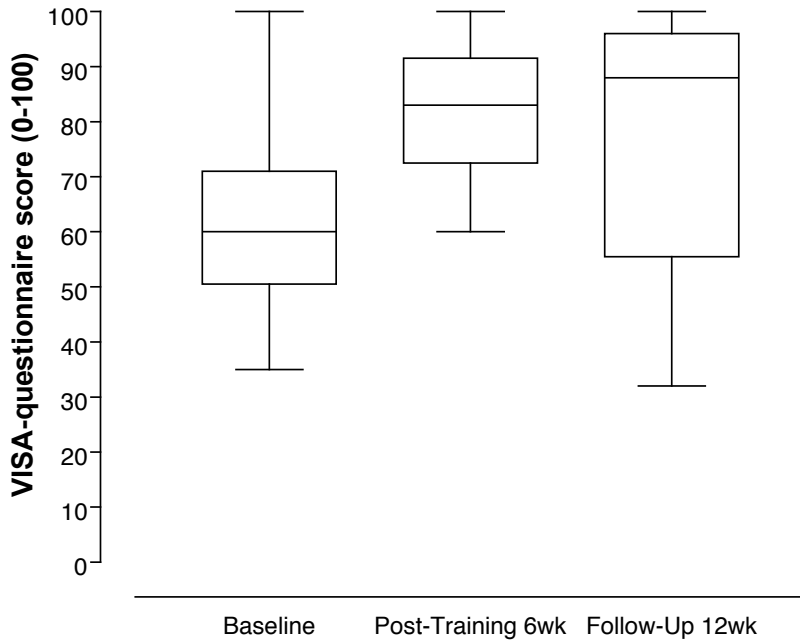


Figure 7. Subjective pain and tendon function measured by VISA questionnaire (box-plot graph).



DADES RELATIVES A LA PUBLICACIÓ DEL SEGON ESTUDI

Títol de l'estudi:

Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy.

Citació de la publicació:

Gual G, Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D., Tesch PA. *Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. J Strength Cond Res.* 2015 (article acceptat: pendent de publicació).

Dades de la revista:

Journal of Strength and Conditioning Research; Factor d'impacte: 2.075 (2014); Àrea: *Sport Sciences*; Quartil: Q2.

RESUM DEL SEGON ESTUDI

Els jugadors de voleibol i basquetbol es poden considerar població de risc de patir la TR. Tenint en compte la paradoxa en la qual l'entrenament excèntric està directament relacionat amb el tractament de la TR alhora que pot constituir un important factor causal de la mateixa, vàrem decidir investigar sobre la influència que podia tenir un programa setmanal d'entrenament de força amb sobrecàrrega excèntrica en jugadors/es de voleibol i bàsquet durant la temporada competitiva.

La mostra es va conformar amb 8 equips (i.e. 4 voleibol i 4 bàsquet, amb un total de 38 dones i 43 homes) que varen ser aleatòriament distribuïts entre el CG (n=37) i el IG (n=44). Ambdós grups mantingueren els seus programes i calendaris d'entrenament i competició durant les 24 setmanes que durà l'estudi. En canvi, el IG va realitzar una sessió setmanal d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica, executant 4 sèries de 8 repeticions de l'exercici de *squat* en un equipament amb resistència inercial (i.e. *flywheel*). Abans (T1), durant (T2) i després (T3) de les 24 setmanes d'intervenció es prengueren les mesures referents al qüestionari VISA-p, el test CMJ i una prova de potència màxima executant l'exercici de *squat* – concèntric (Squat-Con) i excèntrica (Squat-Ecc). L'anàlisi estadístic es va realitzar a través del test ANOVA ($p < 0,05$).

Al final de l'estudi cap esportista (CG: n=26, IG: n=27) va patir de TR. A nivell del qüestionari VISA-p no es trobaren diferències significatives entre els grups d'estudi. Els resultats del test CMJ entre els grups varen diferir significativament ($p < 0,05$) a favor del IG. Referent al test de potència màxima executant l'exercici de *squat*, els resultats tant Squat-Con com Squat-Ecc foren significativament ($p < 0,01$) superiors

en el IG en comparació al CG.

En conclusió, amb la implementació d'una sessió setmanal de treball de força amb sobrecàrrega excèntrica durant la temporada competitiva de voleibol i bàsquet, es pot augmentar la potència de les EEI sense provocar molèsties a nivell dels tendons rotulians. Calen més estudis que avaluïn els efectes d'aquest paradigmàtic entrenament amb resistència inercial en la prevenció i/o el tractament de la TR en esports amb gran demanades de l'acció de salt.

CÒPIA DE L'ARTICLE PUBLICAT DEL SEGON ESTUDI
(Versió preprint)



TITLE PAGE

Manuscript title

Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy

Running head

Effects of inertial resistance training in a population at risk for patellar tendinopathy

Authors' name and affiliation

Gual, Gabriel. PhD Candidate, Department of Physical Therapy, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona, Spain. Research Group on Evidence, Lifestyles and Health, University of the Balearic Islands, Palma, Spain. (*)

Fort-Vanmeerhaeghe, Azahara. PhD. EUSES, Health and Sport Science School, University of Girona, Girona, Spain. FPCEE Blanquerna, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain.

Romero-Rodríguez, Daniel. PhD. EUSES, Health and Sport Science

School, University of Girona, Girona, Spain. ReSport Clinic, Barcelona.

Tesch, Per A. PhD. Department of Physiology and Pharmacology,
Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden.

(*) Corresponding author:

Gabriel Gual

Faculty of Nursing and Physical Therapy

University of the Balearic Islands

Department of Physical Therapy (Beatriu de Pinós)

Cra. de Valldemossa, km7.5, 07122 Palma, Mallorca - Spain

Email: gabrielgual@gmail.com

Phone: 0034 XXXXXXXXX

ABSTRACT

Volley- and basketball players can be considered as a population at risk for patellar tendinopathy. Given the paradox that eccentric training elicits therapeutic benefits yet might provoke such injury, we investigated the influence of a weekly bout of inertial squat resistance exercise offering eccentric overload on lower limb muscle power and patellar tendon complaints.

Players of eight (4 basket- and 4 volleyball) teams (38 women and 43 men) were randomly assigned to either the intervention (IG) or control (CG) group. While IG and CG maintained scheduled in-season training routines over 24 weeks, IG in addition performed one weekly session of eccentric overload by 4 sets of 8 repetitions of the squat employing flywheel inertial resistance. Patellar tendinopathy questionnaire (VISA-p), vertical countermovement jump (CMJ) and squat-power, both concentric (Squat-Con) and eccentric (Squat-Ecc), tests were performed before (T1), during (T2) and after (T3) the 24 weeks of intervention.

Neither group suffered from patellar tendinopathy during the study period. VISA-p displayed no differences across groups at any measurement period. CMJ scores significantly ($p < 0.05$) differed between groups in favour of the IG. Both Squat-Con and Squat-Ecc

mean scores from the IG were significantly ($p<0.01$) higher than the CG.

Adding a weekly eccentric overload squat training bout to a regular basket- and volleyball exercise routine, enhances lower limb muscle power without triggering patellar tendon complaints. Future studies, using the current exercise paradigm, aim to explore its efficacy to prevent or combat patellar tendinopathy in sports calling for frequent explosive jumps.

KEY WORDS

patellar tendon; jumper's knee; strength; countermovement jump; injury prevention; squat

INTRODUCTION

Athletes competing in sports calling for powerful vertical jumps (e.g., basket- and volleyball) show a high prevalence of chronic patellar tendinopathy (25,50). This injury, often referred to as “jumper’s knee” (7), mainly affects the insertion of the patellar tendon into the patella (13). Tendon degeneration in the absence of inflammatory cells at the junction of the inferior pole of the patella and the deep surface of the patellar tendon is frequently observed (9), and it is collectively termed “tendinosis” (20,37) or perhaps more appropriate patellar tendinopathy (21).

Due to such tissue affection, functional impairment is frequent. Thus, 93 out of 407 (23%) Italian volleyball players suffered, or had suffered, from jumper’s knee symptoms over the course of their sports career (13). Likewise, about one third of athletes seeking aid at a sports medicine clinic due to jumper’s knee symptoms, failed to return to competition within six months, and one out of five players were sidelined for more than 12 months (9).

Lian et al. (25) reported the occurrence of jumper’s knee in 14% of the athletes in their study (87 of 613 athletes). The prevalence of injury with a long lasting impairment of at least 32 months was 45 and 32%, respectively in volley- and basketball players. Similarly,

volleyball players showed the highest prevalence (14%) of jumper's knee among athletes examined by Zwerver et al. (50). Duration of symptoms averaged 19 months. In these studies, the reported injury severity using the 0-100 point scale of the Victorian Institute of Sports Assessment patellar tendon questionnaire (VISA-p) were 64 (25) and 71 (50).

While risk factors for patellar tendinopathy are multi-factorial (45), athletes with patellar tendinopathy possess superior jumping performance, which calls for a ballistic, high-force eccentric quadriceps action prior to take-off, over uninjured athletes (24).

Whereas it appears the occurrence of high eccentric load history is a common denominator in affected athletes (41), it is somehow a paradox that muscle lengthening/eccentric actions present an important aid in the treatment of tendon injuries. Thus, randomised clinical trials (3,8,17,19,22,38,42,49) reviewed elsewhere (23,39,47) have revealed the positive effects of eccentric exercise training in the treatment of chronic patellar tendinopathy. Unfortunately, there is no consensus with regard to more specific prescriptions e.g., intensity, frequency, dosage and duration of eccentric training for patients suffering from jumper's knee (23,26).

Notwithstanding, treatment employing coupled eccentric and concentric actions shows high efficacy (22). Likewise, inertial resistance training (4,5) offering eccentric overload (30) has

produced encouraging clinical results in athletes suffering from patellar tendinopathy (40). Obviously exercise methods have been proposed to treat patellar tendinopathy, yet there is a shortage (16) of information on means to prevent jumper's knee in athletes 30 years after Ferretti et al. (14) identified this need.

In the current investigation we set out to study lower limb muscular power and patellar tendon complaints in high-risk athletes subjected to a single weekly bout of squat exercise by means of inertial eccentric overload. It was hypothesized that this regime, added to the regular 24 weeks in-season schedule, when comparing VISA-p questionnaire scores between groups, would not cause patellar tendon complaints in basket- and volleyball players. It was also believed this weekly high intensity exercise insult would produce marked increases in squat-power and jump.

METHODS

Study design

Methodological issues were addressed following the CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials) statement

recommendations (28). Following these guidelines, a randomized controlled trial design was conducted to assess the effects of in-season eccentric overload inertial squat resistance training in basket- and volleyball players.

Using open access software (<http://www.imim.cat/ofertadeserveis/software-public/granmo/>) sample size was calculated, according to the 100 points score VISA-p questionnaire (46). This was made by simulating the use of the VISA-p means of two independent groups, with α risk of 0.05 and a β risk of 0.2 in a two-sided test with a standard deviation (SD) of 10 and a dropout rate of 0, being accepted. Forty-four subjects were required in either group to recognize as statistically significant a group difference of 6 points in the VISA-p questionnaire. Different basket- and volleyball teams from the greater area of Barcelona were asked to participate in the study. Finally, eight teams (4 basket- and 4 volleyball) were selected considering that basket- and volleyball teams consist of 8 to 12 players and the logistics in monitoring teams during the entire season. To meet the inclusion criterions the players had to be actively competing in an official Spanish league, between 18 and 35 years of age and not to be currently injured in the lower limb and/or back. Each player gave written informed consent to participate in the study. If a player was under 18 years old at the beginning of the study, we talked with their parent-tutor who provided written informed consent. The Universitat Internacional de Catalunya Ethics Committee approved the research

protocol.

The 4 basketball teams played in the Catalanian first division, and the other 4 volleyball teams played in the Spanish third division and Catalanian first division. Sample randomization was performed by team rather than by player (15,16,33). This resulted in a distribution of 4 teams making up the intervention groups (IG) and the control group (CG). Sample homogeneity between groups was determined on the basis of basket-/volleyball teams and gender. Hence, IG and CG comprised 2 basket- (one of each gender) and 2 volleyball (one of each gender) teams. Using open access software (www.randomization.com) the computer distribution of the selected 8 teams into IG and CG was carried out by an independent researcher. The study flow chart is depicted in Figure 1. A complete group sample description with baseline results is shown in Table 1.

(Figure 1 – about here)

(Table 1 – about here)

Intervention

The researchers respected the regular weekly workout schedule of the 8 included basket- and volleyball teams.

While no training intervention was made for the CG, IG performed

a strength training session on the regular practice court once a week during 24 in-season weeks. Each session lasted 20 min for every player and took place early in the week and after the weekend competition. Following a standardized warm-up (Table 2), 4 sets of 8 maximal repetitions were executed using a YoYo-Squat (YoYo Technology AB, Stockholm, Sweden) [Figure 2]. This exercise device use the inertia of a spinning flywheel (moment inertia = 0.11 kg m^{-2}), offering resistance during coupled concentric and eccentric actions, and allows for high demanding squat while offering the possibility to perform with an eccentric overload (4,5,30). Two initial repetitions in any set were aimed at accelerating the flywheel, before executing the subsequent 8 actions at maximal effort. The concentric phase was executed from about 90° knee angle to near full extension (i.e. range of movement of 90°). The flywheel then rewinds by virtue of the inertial force to initiate a reversed eccentric action. Subjects were instructed to resist gently during the first two thirds of the eccentric action and then apply maximal force to bring the flywheel to a stop at about 90° of knee flexion, to achieve eccentric overload in the last third of every eccentric action (40). Recovery between sets was 2 minutes (Table 2). Two of the investigators (GG and AF) ensured compliance and optimal performance of the training program. Two other independent unbiased physical therapists aided in the supervision of players to ensure execution with good form and maximal effort.

(Figure 2 – about here)

(Table 2 – about here)

Measurements

Each team was assessed at the beginning (T1: September), mid-term (T2: December) and completion (T3: April-May) of the competitive season. In this way there were 12 weeks between each measurement period (T1-T2 and T2-T3). All measurements were made on the same day for any subject. VISA-p questionnaire, body mass, jumping performance and squat-power were recorded at every measurement period following this sequence. IG subjects were not allowed to train with the YoYo-Squat equipment during the same week of the measurements. Patellar tendon injury, i.e., any missed match (35) due to patellar tendon pain and/or dysfunction, was recorded from T1 until T3. Besides, any injury that caused a missed match, which affected the lower limb and/or back, was also recorded between T1 and T3. In case of injury, athletes were instructed to follow the standardised injury assistance protocol according to the insurance company associated with their sports team/federation, in order to receive medical examination.

The Spanish version (18) of the VISA-p questionnaire was used to assess patellar tendon condition. The VISA-p questionnaire has been

validated to assess patellar tendon complaints during activities of daily living, specific physical actions and sports (46). The maximal VISA-p score for an asymptomatic and fully performing individual is 100 points and the minimum is 0 points. A physical therapist, blind to group assignment, supervised the completion of the VISA-p questionnaire for either limb (VISA-R and VISA-L).

Vertical countermovement jump (CMJ) test showed good reliability and validity results, measured by means of contact mat and digital timer, for the estimation of lower limb explosive power (27). CMJ trials were performed with the athletes positioned on a contact mat (dimensions: 420 x 590 mm) attached to a hardware (Chronopic 3, Chronojump-Boscosystem, Barcelona, Spain) which was then connected to a computer that displayed the jump height values. CMJ performance was measured using software (Chronojump-Boscosystem Software, Barcelona, Spain) and instructions provided by the manufacturer (10). This equipment achieved good reliability results (36), both for male [ICC (95% CI) = 0.86 and SEM = 1.72] and female [ICC (95% CI) = 0.93 and SEM = 0.69] athletes. The mean jump height (cm) calculated after executing 3 jumps (with 30 seconds of rest between each jump) was used for the statistical analysis. At every measurement period, subjects were asked to perform a few trials previous to the test in order to get familiarised. This test was always supervised by the same investigator (AF).

The YoYo-Squat device was used to measure squat-power during 6 consecutive repetitions. The range of motion was visually monitored to ensure knee movement from $\sim 90^\circ$ to near 180° (full extension). Previous to the test, subjects were encouraged to execute a few trials in order to get familiarised. The protocol was performed using a specific analysis feature in a measurement system compatible with flywheel devices (11). An encoder attached to the rotation axis of the YoYo device, which was connected to a hardware (SmartCoach Power Encoder, SmartCoach Europe AB, Stockholm, Sweden) with associated SmartCoach software (v3.1.8.0), allowed for the measurement of power (Watts) in both concentric and eccentric actions of each repetition. As described elsewhere (40), the first 2 repetitions aimed to accelerate the flywheel. The subjects executed the next 3 repetitions using maximal effort. The last repetition of the set was also performed using maximal effort in order to avoid the loss of power during the eccentric phase of the 5th repetition; hence both concentric and eccentric phases from every of the 3 maximal repetitions of the set were recorded. The squat-power test was performed twice with 2 minutes between trials. The mean values of the 3 maximal repetitions from each trial comprising both concentric and eccentric actions were calculated. The highest mean power score from both trials (i.e. sum of both concentric and eccentric means of the 3 maximal repetitions) was considered the best trial and was used for the subsequent analysis. Finally, the mean of the 3 mean

power values from each phase (concentric mean and eccentric mean) was used for statistical analysis. This procedure allowed for selecting the best squat-power trial and to obtain the mean power value developed during each phase. This test was always supervised by the same investigator (GG).

Statistical analysis

Analyses were performed using the statistical software package SPSS Version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). The study variables were: patellar tendinopathy incidence, VISA-p questionnaire score (VISA-R and VISA-L), vertical CMJ height (CMJ), concentric squat-power (Squat-Con) and eccentric squat-power (Squat-Ecc). Previous to any analysis we used a filter made in order to select the subjects who had completed all 3 assessments (T1, T2 and T3). Shapiro-Wilk test was used to analyse normality. Since some of the study variables did not accomplish for normality we used a Log transformation. Baseline group mean scores were compared using the Student's t-test for continuous variables and Chi-squared test for categorical variables. For the main analyses we applied a two-way Repeated-Measures ANOVA (Time x Group), with the scores of every study variables as an independent factor with 3 levels corresponding to every measurement period (T1, T2 and T3), and the group as an independent factor with 2 levels (CG and IG). All tests were carried out

as two-tailed with a chosen level of significance of 0.05. In the results, we present relevant estimates of effect size, reported as partial eta-square (η^2_p), and p values (both linear and quadratic values).

RESULTS

There were no differences across groups at baseline for any variable, except for height (Table 1). The mean number of sports training sessions per week for each group was: 3 for the CG and 3.5 for the IG. During the course of the study (Figure 1), CG suffered the loss of 11 subjects due to absences ($n=5$), abandonment ($n=3$) or injuries ($n=3$, two subjects in the foot and one in the low back); whereas in IG 17 subjects were lost because of absences ($n=2$), abandonment ($n=8$) and injuries ($n=7$, two subjects in the ankle and five in the knee joint). Neither group reported patellar tendinopathy incidence between T1 and T3. Hence, over the course of this investigation, no player missed a match or an assessment due to patellar tendon pain and/or dysfunction. VISA-R and VISA-L displayed no differences across groups at any measurement period (Table 3 and Figure 3). CMJ scores significantly ($p<0.05$) differed between groups while looking at the quadratic p -value in favour of the IG (Table 3 and Figure 4). Both

Squat-Con and Squat-Ecc mean scores from the IG were significantly ($p < 0.01$) higher than the CG (Table 3 and Figure 5).

(Table 3 – about here)

(Figure 3 – about here)

(Figure 4 – about here)

(Figure 5 – about here)

DISCUSSION

The main finding of the current study was the marked improvement in lower limb muscle power measured on the YoYo-Squat device. This increase in muscle power was experienced by athletes subjected to one weekly session of eccentric overload squat exercise, over 24 in-season weeks. These important functional adaptations occurred without causing patellar tendon complaints. Given that basket- and volleyball players of the CG did not show that increase in quadriceps power, we attribute the performance enhancement of the IG to the added weekly single inertial squat exercise bout.

The significantly greater concentric and eccentric squat-power results of the IG compared to the CG were seen throughout the competitive season (Figure 5). Inertial resistance squat exercise (4,5) offers eccentric overload in a narrow range of motion near the completion of the eccentric action, when the knee extensors muscles are at almost full length, prior to initiation of the subsequent concentric action. Similarly, employing this loading strategy of flywheel resistance exercise also produces eccentric overload in the leg press (40), leg curl (44), knee extension (43) and supine squat (32) modes.

Biernat et al. (6) found no differences in the CMJ after 24 weeks of eccentric training in young volleyball players during the competitive period. In contrast, the improved CMJ experienced by the IG and maintained throughout the study period suggests an important transfer adaptation from eccentric overload squat strength training to more explosive jumping actions. While this effect is not so evident with inertial resistance training using the leg press (40), obviously the squat modality, resembling the more specific task and skill called upon in jumping sports, offers an effective stimulus. Applying maximal accommodating concentric resistance throughout the entire range of the concentric action (30), allows for maximal quadriceps power production to be utilized to accomplish eccentric overload and in the transition from eccentric to concentric action, to make use of the stretch shortening cycle (31). No single factor can be singled out

to explain why the current low frequency, low volume resistance paradigm enhances vertical jumping capability. Nevertheless, and given the reliance on jumping actions in the games of volley- and basketball, we are inclined to state the current regimen can aid in enhancing sports specific performance.

Several studies have noted benefits of employing eccentric actions in treating chronic patellar tendinopathy (3,8,17,19,22,38,42,49). While it may be that eccentric training could also serve in preventing this injury, no clear effects have been reported (16). As athletes of the current study (both CG and IG) exhibited no patellar tendon injuries throughout the competitive season, we cannot claim any prevention effect of the regimen imposed.

The examined high-risk population displayed a baseline mean VISA-p score between 90-93 points, with no statistically significant change resulting from the 24-week training program. As patellar tendon injury clearly appears not to be associated with restricted knee function unless VISA-p scores falls below 75-80 points (17,48), we can state that the athletes examined in this study did not suffer from severe patellar tendinopathy. Out of 81 athletes 28 failed to complete all three test sessions. The reasons for the sample losses were due to absences (no-shows), abandonment (the team) or injuries (in the lower limb and/or back) other than patellar tendinopathy on the day of the measurements. Despite the high intensity, given the low

frequency (once a week) and volume per session relative to the entire regular training regimen, it is unlikely the intervention *per se* could explain that less players of the experimental group completed all tests.

None of the players, in either group, missed a match due to patellar tendon pain and/or dysfunction. Besides the previous-mentioned level of players, another reason can be added to the fact that no patellar tendon injuries were found in the current high-risk population (25,50). This is related to the lack of accurate control of any patellar tendon complaint throughout the study. As only patellar tendon injury or pain and/or dysfunction resulting in cancelled match (35) was recorded, subtle patellar tendon affectations might have been ignored at some time.

Combined low-intensity eccentric and passive stretch exercises have failed to prevent patellar tendon injury in professional soccer players (16). In contrast clinical trials suggest efficacy resulting from eccentric training combined with passive stretching exercises (12). There are, however concerns that prolonged passive stretching may compromise sports performance (1,2) by attenuating muscle stiffness and reducing the capacity to use elastic energy in the stretch shortening cycle (29). Thus while eccentric training may be an effective method to increase lower limb flexibility (34) along with increased power, use of static stretching exercises in jumping sports

should be scrutinized.

Numerous reports suggest beneficial effects of eccentric resistance exercise in treating patellar tendinopathy (3,8,17,19,22,38,42,49). While Visnes et al. (48) reported no effects of a home-based, low intensity eccentric exercise during the competitive season in elite volleyball players with patellar tendinopathy, Fredberg et al. (16) reported a worsening effect of eccentric exercise in asymptomatic players exhibiting abnormal patellar tendons, assessed by means of ultrasonography. Future studies, using the current exercise paradigm, aim to explore its efficacy to prevent or combat patellar tendon injury. Nevertheless, we need to assume that our assessment of muscle power by the YoYo-Squat device could have some limitations because of the nature of the test (i.e. no guided movement, no stable position), even though we believe this technology allows for a movement more similar to the real sport skill of jumping.

In conclusion, the current intervention consisting of one single bout of inertial eccentric overload squat exercise added to the weekly in-season training routine performed over 24 weeks, improved lower limb muscle power in volley- and basketball players. These results suggest that athletes, who are subjected to additional eccentric training by means of inertial flywheel resistance, show enhanced squat-power and jumping performance, without provoking patellar tendon complaints.

PRACTICAL APPLICATION

In-season, low volume, high intensity, eccentric overload inertial resistance training can improve lower limb muscle power in volleyball and basketball players without triggering patellar tendon complaints.

REFERENCES

1. Askling, C, Lund, H, Saartok, T, Thorstensson, A. Self-reported hamstring injuries in student-dancers. *Scand J Med Sci Sports.*, 12(4): 230-5, 2002.
2. Askling, C, Tengvar, M, Saartok, T, Thorstensson A. Sports related hamstring strains – two cases with different etiologies and injury sites. *Scand J Med Sci Sports.*, 10: 304-7, 2000.
3. 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.*, 88(8): 1689-98, 2006.
4. Berg, HE, Tesch, PA. A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviat Space Environ Med.*, 65(8): 752-6, 1994.
5. Berg, HE, Tesch, PA. Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta Astronaut.*, 42(1-8): 219-30, 1998.
6. Biernat, R, Trzaskoma, Z, Trzaskoma, L, Czaprowski, D.

- Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19- year old volleyball players. *J Strength Cond Res.*, 28(1): 43-52, 2014.
7. Blazina, ME, Kerlan, RK, Jobe, FW, Carter, VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am.*, 4(3): 665-78, 1973.
 8. Cannell, LJ, Taunton, JE, Clement, DB, Smith, C, Khan, KM. A randomized 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.*, 35(1): 60-4, 2001.
 9. Cook, JL, Khan, KM, Harcourt, PR, Grant, M, Young, DA, Bonar, SF. A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. The Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Br J Sports Med.*, 31(4): 332-6, 1997.
 10. De Blas, X. Chronojump-Boscosystem project: A free software tool for kinematic analysis of the vertical jump. PhD Thesis, Universitat Ramon Llull, Barcelona, Spain, 2012.
 11. De Hoyo, M, Pozzo, M, Sañudo, B, Carrasco, L, Gonzalo-Skok, O, Domínguez-Cobo, S, Morán-Camacho, E. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer

- players. *Int J Sports Physiol Perform.*, 10(1): 46-52, 2015.
12. Dimitrios, S, Pantelis, M, Kalliopi, S. 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.*, 26(5): 423-30, 2012.
 13. Ferretti, A. Epidemiology of jumper's knee. *Sports Med.*, 3(4): 289-95, 1986.
 14. Ferretti, A, Puddu, G, Mariani, PP, Neri M. The natural history of jumper's knee: patellar or quadriceps tendonitis. *Int Orthop.*, 8(4): 239-42, 1985.
 15. Fredberg, U, Bolvig, L. Prophylactic training reduces the frequency of Jumper's knee but not Achilles tendinopathy, In: Abstract from the 1st World Congress of Sports Injury Prevention, Oslo, Norway. *Br J Sports Med.*, 39: 384, 2005.
 16. Fredberg, U, Bolvig, L, Andersen, NT. Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons: The Danish super league study. *Am J Sports Med.*, 36(3): 451-60, 2008.
 17. Frohm, A, Saartok, T, Halvorsen, K, Renström, P. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation

protocols. *Br J Sports Med.*, 41(7): e7, 2007.

18. 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.*, 41(8): 581-91, 2011.
19. 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.*, 39(11): 847-50, 2005.
20. Khan, KM, Bonar, F, Desmond, PM, Cook, JL, Young, DA, Visentini, PJ, Fehrmann, MW, Kiss, ZS, O'Brien, PA, Harcourt, PR, Dowling, RJ, O'Sullivan, RM, Crichton, KJ, Tress, BM, Wark, JD. Patellar tendinosis (jumper's knee): findings at histopathologic examination, US, and MR imaging. Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Radiology.*, 200(3): 821-7, 1996.
21. Khan, KM, Maffulli, N, Coleman, BD, Cook, JL, Taunton, JE. Patellar tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J Sports Med.*; 32(4): 346-55, 1998.
22. Kongsgaard, M, Kovanen, V, Aagaard, P, Doessing, S, Hansen, P, Laursen, AH, Kaldau, NC, Kjaer, M, Magnusson, SP. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training

and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports.*, 19(6): 790-802, 2009.

23. Larsson, ME, Käll, I, Nilsson-Helander, K. Treatment of patellar tendinopathy – a systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*, 20(8): 1632-1646, 2012.
24. Lian, O, Engebretsen, L, Ovrebo, RV, Bahr, R. Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. *Am J Sports Med.*, 24(3): 380-5, 1996.
25. 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.*, 33(4): 561-7, 2005.
26. Lorenzen, J, Krämer, R, Vogt, PM, Knobloch, K. Systematic review about eccentric training in chronic patella tendinopathy. *Sportverletz Sportschaden.*, 24(4): 198-203, 2010.
27. Markovic, G, Dizdar, D, Jukic, I, Cardinale, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.*, 18(3): 551-5, 2004.
28. Moher, D, Schulz, KF, Altman, DG. The CONSORT statement: revised recommendations for improving the quality of reports

- of parallel-group randomised trials. *Lancet.*, 357(9263): 1191–4, 2001.
29. Nigg, BM, Herzog, W. *Biomechanics of the Musculo-skeletal System* (3rd edition). Chichester: Wiley Ed, 2006.
30. Norrbrand, L, Fluckey, JD, Pozzo, M, Tesch, PA. Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.*, 102(3): 271–81, 2008.
31. Norrbrand, L, Pozzo, M, Tesch, PA. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol.*, 110(5): 997–1005, 2010.
32. Norrbrand, L, Tous-Fajardo, J, Vargas, R, Tesch, PA. Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviat Space Environ Med.*, 82(1): 13–9, 2011.
33. Olsen, OE, Myklebust, G, Engebretsen, L, Holme, I, Bahr, R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ.*, 330(7489): 449, 2005.
34. O’Sullivan, K, McAuliffe, S, Deburca, N. The effects of eccentric training on lower limb flexibility: a systematic review. *Br J Sports Med.*, 46(12): 838–45, 2012.

35. Orchard, J, Seward, H. Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *Br J Sports Med.*, 36(1): 39-44, 2002.
36. Pagaduan, JC, De Blas, X. Reliability of countermovement jump performance on Chronojump-Boscosystem in male and female athletes. *Sport SPA.*, 10(2): 5-8, 2013.
37. Puddu, G, Ippolito, E, Postacchini, F. A classification of Achilles tendon disease. *Am J Sports Med.*, 4(4): 145-50, 1976.
38. Purdam, CR, Jonsson, P, Alfredson, H, Lorentzon, R, Cook, JL, Khan, KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.*, 38(4): 395-7, 2004.
39. Rabin, A. Is there evidence to support the use of eccentric strengthening exercises to decrease pain and increase function in patients with patellar tendinopathy? *Phys Ther.*, 86(3): 450-6, 2006.
40. Romero-Rodríguez, D, Gual, G, Tesch, PA. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport*, 12(1): 43-8, 2011.
41. Stanish, WD, Rubinovich, RM, Curwin, S. Eccentric exercise in

- chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res.*, 208: 65-8, 1986.
42. Stasinopoulos, D, Stasinopoulos, I. Comparison of effects of exercise programme, pulsed ultrasound and transverse friction in the treatment of chronic patellar tendinopathy. *Clin Rehabil.*, 18(4): 347-52, 2004.
43. Tesch, PA, Ekberg, A, Lindquist, DM, Trieschmann, JT. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiol Scand.*, 180(1): 89-98, 2004.
44. Tous-Fajardo, J, Maldonado, RA, Quintana, JM, Pozzo, M, Tesch PA. The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *Int J Sports Physiol Perform.*, 1(3): 293-8, 2006.
45. van der Worp, H, Zwerver, J, Kuijjer, 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.*, 24(1): 49-55, 2011.
46. Visentini, PJ, Khan, KM, Cook, JL, Kiss, ZS, Harcourt, PR, Wark, JD. The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *J Sci Med Sport.*, 1(1):

22-8, 1998.

47. 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.*, 41(4): 217-23, 2007.
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.*, 15(4): 227-34, 2005.
49. Young, MA, Cook, JL, Purdam, CR, Kiss, ZS, Alfredson, H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med.*, 39(2): 102-5, 2005.
50. 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.*, 39(9): 1984-8, 2011.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to acknowledge Jordi Vilaró for his work on sample randomisation and Lluís Costa, Sergi Mojal and Aina Yañez for advising on statistical issues. We would like to greatly acknowledge physical therapists Sergi Casals, Jorge Genové and Emiliano Cacciatori, who supervised and coached the participants of the current study. We also thank Blanquerna School of Health Science, Universitat Ramon Llull, for providing a YoYo-Squat device.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare they have no conflict of interests.

Dr. Per A. Tesch, co-owner of YoYo Technology AB (Inc), did not participate in the intervention process, data collection, acquisition or analysis.

TABLE LEGEND

Table 1. Baseline groups data.

Table 2. Training session model.

Table 3. Results of the Repeated-Measures ANOVA: Time x Group.

FIGURE LEGEND

Figure 1. Study flow chart.

Figure 2. YoYo-Squat exercise, representing the knee range of movement of $\sim 90^\circ$ divided by 3 thirds.

Figure 3. VISA-p questionnaire (0-100 points) mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3), for both right (VISA-R) and left (VISA-L) patellar tendons.

Figure 4. CMJ height mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3).

Figure 5. Squat-Con (left) and Squat-Ecc (right) mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3).

Table 1. Baseline groups' data

	CG (n=26)	IG (n=27)
Volleyball/Basketball ratio	13/13	14/13
Female/Male ratio	15/11	11/16
Number of sports training sessions per week	3	3.5
Age (years)	24.5 ± 5.5	22.5 ± 3.8
Height (cm)	177.1 ± 10.5	183.9 ± 8.8*
Weight (kg)	72.9 ± 13.4	78.2 ± 8.4
BMI	23.1 ± 2.6	23.1 ± 2.0
VISA-R (points)	93.4 ± 11.6	92.5 ± 11.6
VISA-L (points)	90.5 ± 16.5	91.8 ± 12.1
CMJ (cm)	29.1 ± 7.4	31.0 ± 5.3
Squat-Con (watts)	311.0 ± 141.7	308.5 ± 54.8
Squat-Ecc (watts)	301.7 ± 146.9	309.0 ± 60.1

CG: control group; IG: intervention group; BMI: body mass index

Values are means ± SD

*Denotes p<0.05

Table 2. Training session model

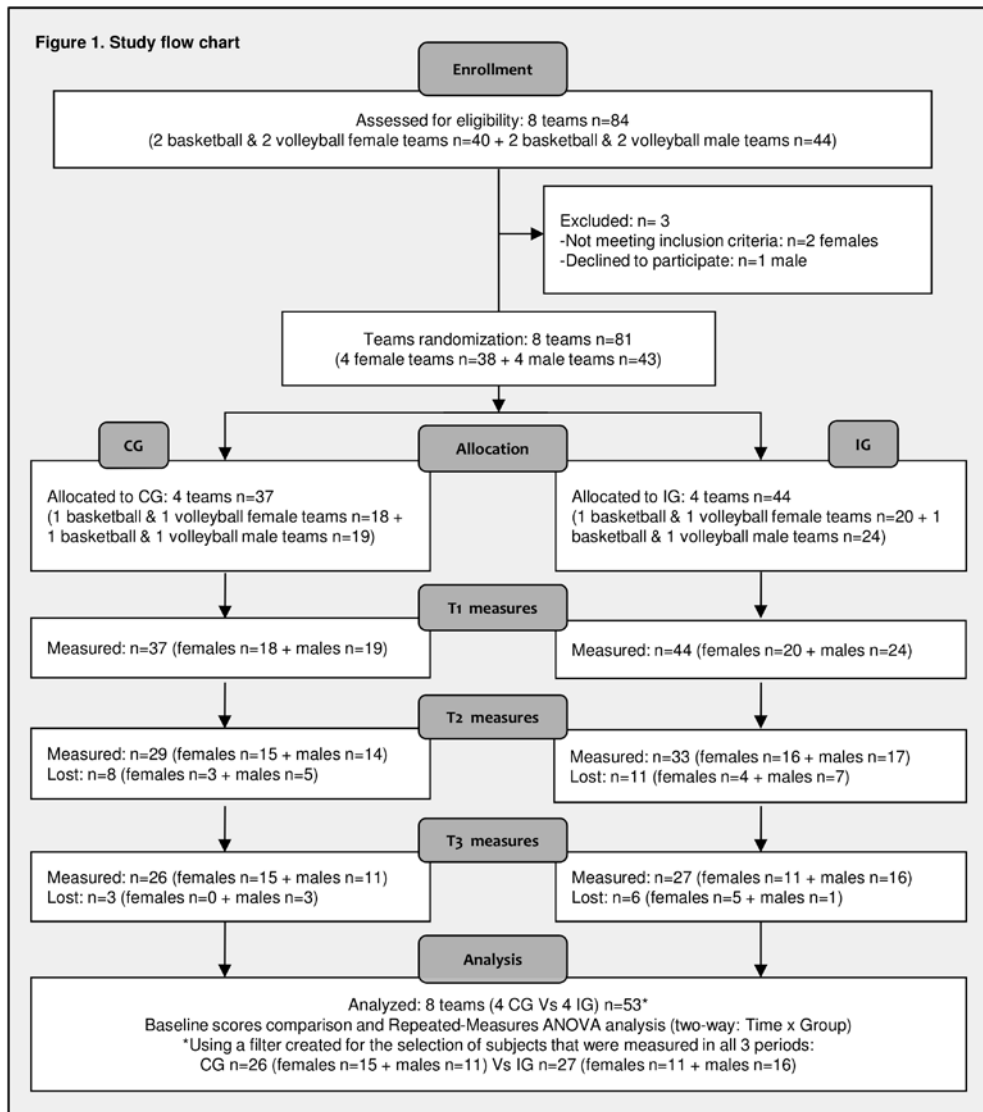
Warm-up	<ul style="list-style-type: none">▪ Moderate speed running during 4 min.▪ Active stretching exercises with eccentric tension for 6 sec of the hip adductors, hamstrings, calf, quadriceps and gluteus muscles.
Training	<ul style="list-style-type: none">▪ Resistance exercise using the YoYo-Squat, performing 4 sets of 8 maximal repetitions. The first set was used for a specific warm-up, while working at a moderate intensity. Within each set reps 1-2 were used for increasing the inertial resistance and reps 3-10 were executed with maximal effort. There were 2 min of recovery between sets.

Table 3. Results of the Repeated-Measures ANOVA: Time x Group

Study variables	p		η^2_p	
	Lineal	Quadratic	Lineal	Quadratic
VISA-R	0.93	0.48	0.00	0.01
VISA-L	0.62	0.26	0.01	0.03
CMJ	0.69	0.02*	0.00	0.10
Squat-Con	0.00*	0.52	0.28	0.01
Squat-Ecc	0.00*	0.40	0.18	0.01

*Denotes $p < 0.05$

Figure 1. Study flow chart



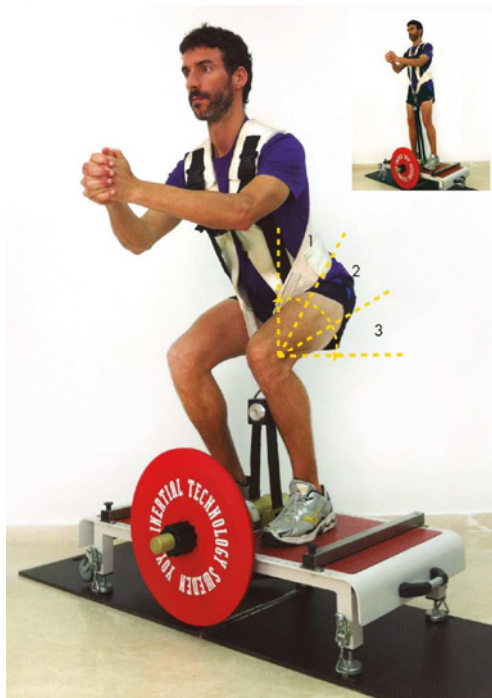


Figure 2. YoYo-Squat exercise, representing the knee range of movement of $\sim 90^\circ$ divided by 3 thirds.

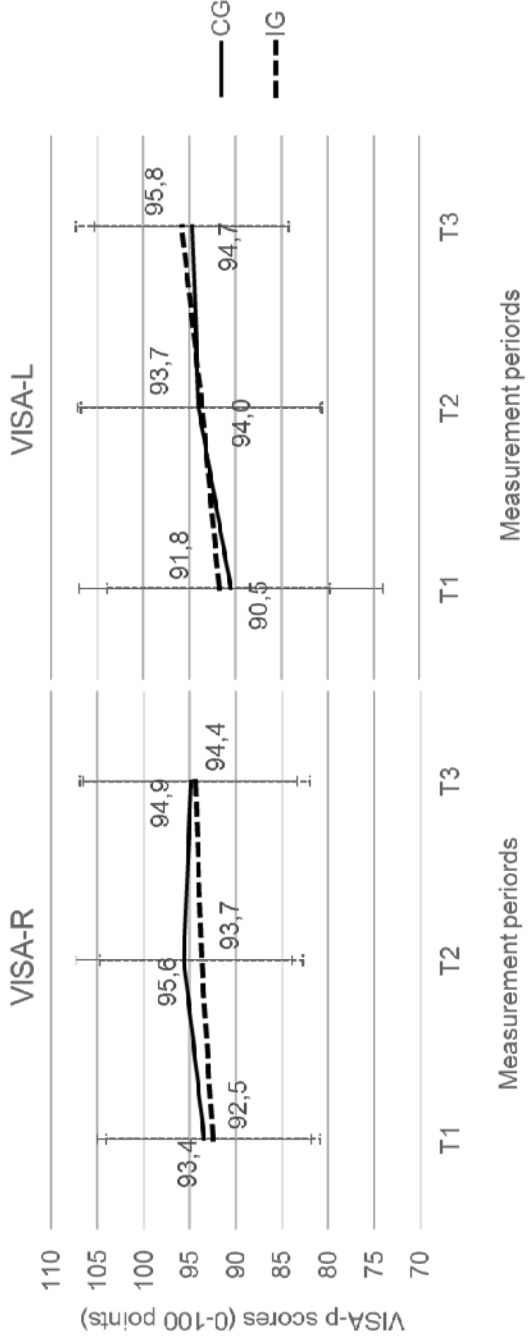


Figure 3. VISA-p questionnaire (0-100 points) mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3), for both right (VISA-R) and left (VISA-L) patellar tendons.

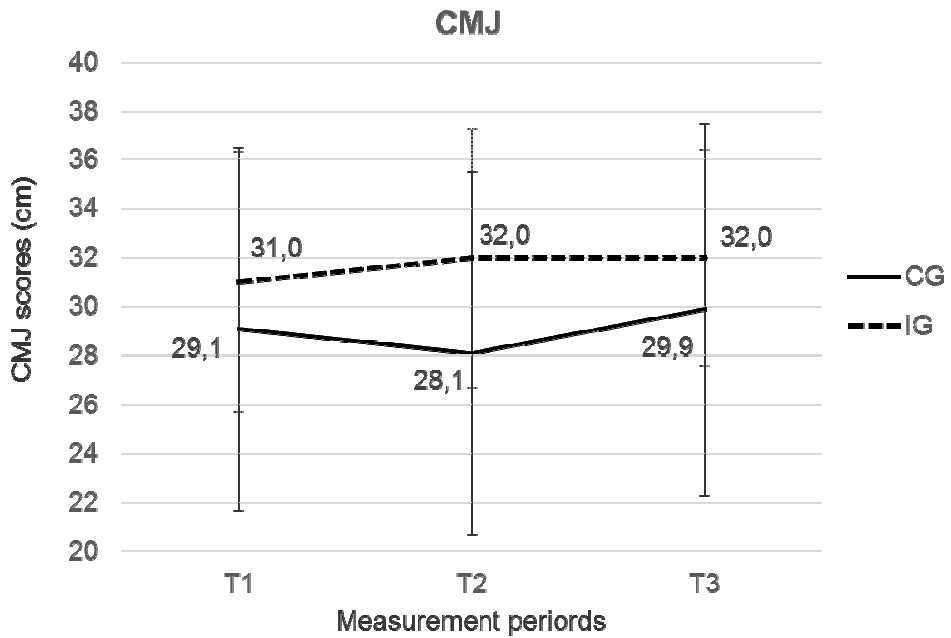


Figure 4. CMJ height mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3).

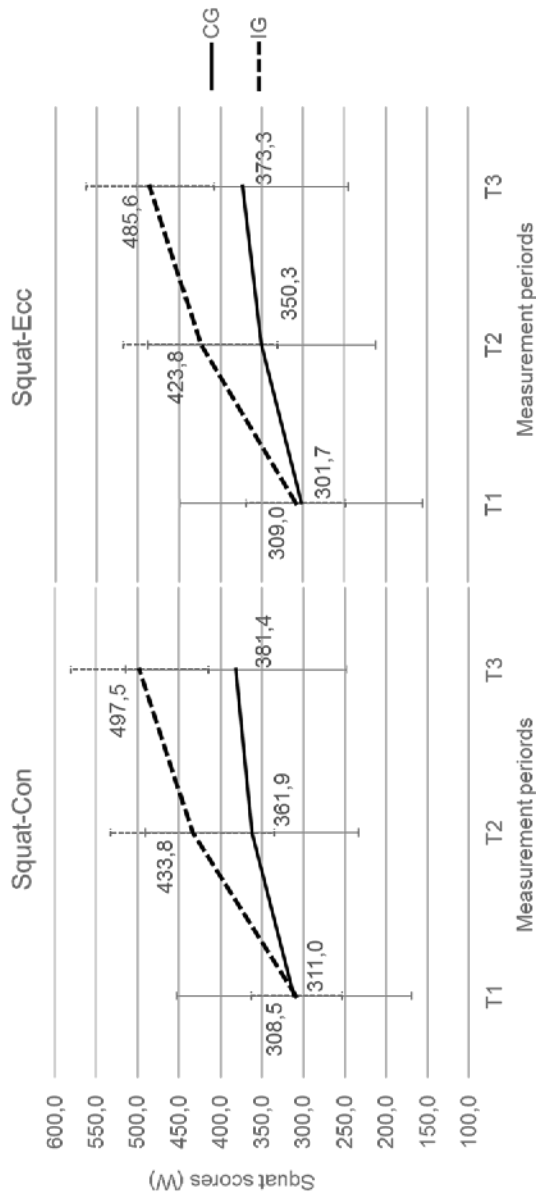


Figure 5. Squat-Con (left) and Squat-Ecc (right) mean scores with SD bars at the 3 different measurement periods (T1, T2 and T3).

DISCUSSIÓ

Aquesta discussió està realitzada en base a un guió que intenta argumentar didàcticament els resultats obtinguts en els estudis que conformen aquesta tesi doctoral. Malgrat això, els punts de discussió són múltiples, i la intenció aquí és desenvolupar-los de manera estructurada però sempre buscant la interrelació dels mateixos.

ESTUDI-1: INTERPRETACIÓ I LIMITACIONS

L'Estudi-1 representa la primera investigació –en relació a les publicacions existents en les bases de dades bibliogràfiques més conegudes en ciències de la salut i l'esport– que analitza els efectes de la utilització de la resistència inercial a través de la tecnologia YoYo en persones afectades de TR. Els resultats d'aquest primer estudi mostren millores estadísticament significatives en relació a la força excèntrica de quàdriceps i la simptomatologia existent (i.e. VAS i VISA-p). Aquests resultats s'han obtingut després de només sis setmanes d'entrenament.

Una de les SR recents sobre la TR ha inclòs aquest primer estudi dins dels 33 articles que finalment varen ser analitzats (Malliaras et al., 2013). Cal destacar que la revisió que fan dels resultats que es varen obtenir a l'Estudi-1 no és del tot precisa. A la secció de resultats, al referir-se als obtinguts a l'Estudi-1, aquests autors descriuen que l'activitat EMG del múscul recte femoral del quàdriceps durant la fase concèntrica va augmentar en el 73% dels participants ($p=0,03$)

després de la intervenció, quan en realitat es va reduir amb aquest mateix percentatge. A més, afirmen que no hi va haver cap canvi a la comparativa pre-post en els valors referents a l'activitat EMG del recte femoral durant la fase excèntrica, quan en veritat l'activitat EMG va augmentar en el 66% dels individus (i.e. tendència, sense significació estadística en base a una $p < 0,05$). Aquesta tendència a l'augment durant la fase excèntrica coincidiria amb els resultats d'altres estudis que han observat una disminució en la inhibició neuronal del quàdriceps durant un test de força màxima després de 14 setmanes d'entrenament (Aagaard et al., 2000). Pel contrari, no es compliria pel que fa a l'observada reducció EMG durant la fase concèntrica posterior a la intervenció. En relació a la força màxima, durant la fase excèntrica el 90% dels pacients varen augmentar en relació als valors basals ($p=0,03$), amb també una tendència del 70% de la mostra a l'increment durant la fase concèntrica, mentre que a la SR indiquen que no es varen trobar variacions –sense explicitar que es refereixen a la diferència estadísticament significativa–. El mateix succeeix quant als resultats del test CMJ, doncs a la SR parlen d'absència de variació pre-post quan, en realitat, 7 dels 10 pacients avaluats saltaren més en les mesures post. Tenint en compte les variacions en els resultats obtinguts en l'Estudi-1, la possible crítica podria centrar-se en el fet que no es tracta metodològicament d'un RCT. Malgrat això, els resultats són fruit d'un plantejament metodològic basat en l'estudi d'una sèrie de casos, tal i com queda palès en la pertinent publicació.

Un cop realitzades aquestes concrecions i remetent-nos als estudis que associen la fase excèntrica als efectes terapèutics, és adient destacar novament que el 90% dels pacients de l'Estudi-1 varen mostrar un increment en la força màxima durant aquesta fase al final de les 6 setmanes d'entrenament. No obstant, l'activitat EMG del quàdriceps no va evidenciar un increment tant elevat durant la fase excèntrica (66%), la qual cosa reforçaria la hipòtesi relativa a la sobrecàrrega excèntrica del teixit tendinós (i.e. component elàstic)

que podria jugar un paper destacat en la desacceleració del moviment amb independència de la possible disminució en la activitat EMG (i.e. component contràctil) (Bigland-Ritchie i Woods, 1976; Komi et al., 1987). Per altra banda, és important tenir en compte la hipòtesi que associa les lesions per sobreús a la fatiga muscular experimentada durant la fase excèntrica d'una acció (Debenham et al., 2015), alterant així l'eficàcia del SSC. En relació a aquest fet, podem entendre que aconseguir un augment de força màxima, tal i com s'ha trobat en l'Estudi-1, de la musculatura implicada en l'acció excèntrica en una premsa de cames podria influir positivament en la prevenció de la TR.

Tal i com ja hem apuntat en línies anteriors, les limitacions de l'Estudi-1 estan centrades de manera important en el disseny metodològic utilitzat, el qual consisteix en un pretest-postest sobre una sèrie consecutiva de casos sense grup control ni aleatorització de la mostra (i.e. segons el *Centre for Evidence-Based Medicine*, amb un nivell 4 d'evidència científica sobre un total de 10). Tot i que la proposta inicial, presentada en format de projecte de recerca, contemplava un disseny RCT, la dificultat per tal de captar la mostra d'estudi des de la seu central de la mútua mèdica associada a la Federació Catalana de Futbol, va fer que optéssim per passar d'una aleatorització automatitzada a incloure els primers individus en el IG i el següents en el CG. No obstant, degut a la persistent dificultat en l'obtenció de mostra –arribats a aquest punt vàrem obrir les vies de captació a altres esports–, vàrem decidir prescindir del CG i centrar-nos en el grup experimental. Segons Portney i Watkins (2009), els estudis sobre sèries de casos poden ser defensats en el cas que existeixin investigacions prèvies que hagin documentat el comportament de la intervenció –en circumstàncies similars– en comparació a un grup control. En aquest sentit, la majoria d'estudis apuntaven que el treball amb sobrecàrrega excèntrica presentava millors resultats en comparació a altres tractaments conservadors (Jonsson i Alfredson, 2005; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004). Per

tant, en el cas de només investigar un sol grup d'estudi, quedava constatada la conveniència d'incidir en l'entrenament excèntric. En relació al fet que en l'entrenament experimental proposat a l'Estudi-1 no s'aïllés la fase excèntrica no era del tot innovador tenint en compte que ja existia un RCT previ que tampoc no l'havia aïllada –seguint les recomanacions de Curwin i Stanish– (Cannell et al., 2001).

LES ACCIONS MUSCULARS EN EL TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

En relació al paràgraf anterior, ja hem apuntat en l'apartat de l'estat de la qüestió que existeix una considerable quantitat de publicacions que obtenen efectes relativament positius a través d'un intent d'aïllament del treball excèntric (Bahr et al., 2006; Biernat et al., 2014; Dimitrios et al., 2012; Frohm et al., 2007; Jensen i Di Fabio, 1989; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004; Young et al., 2005). Malgrat això, segons la hipòtesi de l'Estudi-1 no es veia la necessitat d'evitar la realització de la fase concèntrica, i es va optar per la realització completa del SSC tal i com han fet altres investigadors (Kongsgaard et al., 2009), provocant així un augment de l'estímul a nivell del MTC.

Un altre estudi que va comparar l'execució de la fase concèntrica i de l'excèntrica de manera exclusiva (Jonsson i Alfredson, 2005) només va obtenir millores significatives a nivell de VAS i VISA-p en el grup que executava la fase excèntrica aïllada. No obstant, en un altre treball del mateix any, Young et al. (2005) varen obtenir millores significatives a nivell de VAS i VISA-p en ambdós grups. En aquest últim estudi, la comparativa es va fer entre l'execució aïllada de la fase excèntrica i l'execució d'ambdues fases (i.e. SSC) seguint les indicacions de Curwin i Stanish (1984). Sembla ser que, segons aquests treballs, el

que quedaria més penalitzat en relació a subjectes amb TR seria el treball amb accions concèntriques aïllades, evitant així les accions musculars excèntriques.

Existeixen investigadors que han criticat els programes d'entrenament excèntric aïllat a nivell del MTC del tríceps sural durant el tractament de la tendinopatia Aquil·liana (Allison et al., 2009). Aquests autors argumenten que la manca d'estimulació del SSC, deguda al fet d'haver específicament evitat o reduït la intensitat de l'esforç durant la fase concèntrica, podria tenir un efecte perjudicial. Aplicat a la TR, l'estudi de Kongsgaard et al. (2009) representa al primer RCT que proposa un canvi de paradigma en els programes d'entrenament, incloent el grup HSR, en el qual el SSC estava implícit, a més de comptar amb una planificació detallada quant a la progressió de les càrregues –en base al nombre de RM–. En aquesta mateixa línia crítica (Allison et al., 2009), la revisió de Couppé et al. (2015) subscriu que actualment no existeix prou evidència clínica que demostrï la superioritat de l'entrenament excèntric aïllat en comparació a altres metodologies d'entrenament. Tanmateix, les futures investigacions al respecte necessiten concretar els aspectes relatius al tipus d'exercici, la quantitat de resistència aplicada, la velocitat d'execució, la freqüència d'administració i el temps de recuperació entre sessions –entre d'altres factors associats a l'entrenament– (Couppé et al., 2015; Larsson et al., 2012; Pearson i Hussain, 2014).

EQUIPAMENT UTILITZAT EN ELS PROGRAMES D'ENTRENAMENT PER AL TRACTAMENT DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA

A més de considerar el tipus d'acció muscular implicada en l'exercici amb finalitat terapèutica per a la TR, un altre aspecte de màxima importància és l'equipament utilitzat amb aquesta intenció. En aquest sentit, una de les variables d'entrenament més investigades consisteix en la utilització d'una cunya amb 25° de declinació per tal d'executar el treball de *squat* a sobre de la mateixa. Zwerver et al. (2007) varen demostrar com amb angles de declivi superiors al 15% el tendó rotulià experimenta un 40% més de tensió en comparació a una superfície horitzontal. Els efectes del treball excèntric en declivi amb pacients afectats de TR van ser primerament analitzats per part de Purdam et al. (2004), demostrant tenir efectes positius en la reducció del dolor i la recuperació de la funció. No obstant, els resultats de l'estudi de Young et al. (2005), on es comparava el treball excèntric en declivi i el realitzat seguint el protocol de Curwin i Stanish (1984) (i.e. *squat* executant el SSC sobre una superfície horitzontal), mostren millores significatives en la VAS i VISA-p per part d'ambdós grups. Per tant, no sembla que el fet d'executar el treball excèntric aïllat i en declivi, tot i provocar una major càrrega específica pel tendó rotulià (Zwerver et al., 2007), hagi de tenir una major eficàcia en el tractament de la TR. Segons la SR realitzada per part de Araya et al. (2012), existeix una evidència contradictòria quant a la possible superioritat del treball en declivi en comparació a l'entrenament sobre una superfície horitzontal.

Un altre sistema emprat en pacients afectats per TR amb la finalitat d'aconseguir una sobrecàrrega excèntrica, va ser analitzat per part de Frohm et al. (2007). En aquest estudi es comparaven dos grups,

els que realitzaven el treball excèntric seguint el protocol de Purdam et al. (2004) i els que executaven un treball excèntric a través d'un sistema hidràulic anomenat Bromsman. Els dos grups realitzaren 2 sessions d'entrenament setmanal supervisades, amb una part específica d'escalfament a través d'exercicis de força de tronc. El sistema Bromsman permet la realització d'un treball de *squat* amb barra guiada dins d'un pòrtic. A cada extrem de la barra hi ha un cable d'acer subjectat que permet a un motor hidràulic poder assistir el moviment de la mateixa a la velocitat desitjada –segons com s'hagi prèviament configurat–. Aquest equipament permet treballar amb un mínim de 70kg i un màxim de fins a 550kg de resistència (Frohm et al., 2005). Tant en un grup com en l'altre, la fase concèntrica de cada SSC era assistida, ja sigui a través de l'ascens des de la posició final de *squat* amb l'ajuda de la cama no afecta, com per l'ajuda oferta per part del motor hidràulic. Al final de les 12 setmanes d'intervenció ambdós grups varen millorar a nivell de VISA-p, força mesurada isocinèticament i diferents mesures funcionals a través de proves de salt. No es van trobar diferències significatives en la comparació entre tots dos grups. En aquest cas, el treball excèntric –amb assistència durant la fase concèntrica– en pacients amb TR sembla tenir efectes similars al realitzat amb major volum. Per tant, podríem apuntar que el fet de programar sessions d'entrenament d'un volum inferior (i.e. 4x4) al comunament utilitzat (i.e. 3x15) en molts dels altres protocols existents (Bahr et al., 2006; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005), no repercuteix negativament en les millores clíniques ni funcionals, sempre i quan la intensitat estigui adequada al volum realitzat.

Una altra metodologia utilitzada des del punt de vista de l'equipament, amb intenció també de buscar una sobrecàrrega excèntrica són els dispositius isocinètics. En aquest sentit, un dels primers estudis que analitzaven els efectes del treball excèntric en la TR (Jensen i Di Fabio, 1989) no va obtenir diferències estadísticament

significatives al comparar-lo amb un programa d'estiraments realitzats a casa. El disseny d'aquesta investigació comptava amb quatre grups, on hi havia dos CG formats per persones sanes (i.e. un que també realitzava l'entrenament excèntric isocinètic i l'altre que només feia els estiraments a casa). En aquest cas, el grup de persones sense TR que realitzaren l'entrenament isocinètic sí va millorar en els nivells de força després de les 8 setmanes d'entrenament. Els autors argumenten que la correlació mostrada entre els increments del dolor i la disminució de la força en el grup de pacients isocinèticament entrenats, permet induir que el dolor pot directament limitar la capacitat de força excèntrica en un test isocinètic. En aquesta línia, és també molt possible que els subjectes amb TR, independentment que el test estès o no realitzat de manera isocinètica, no acceptessin bé un treball completament en cadena cinètica oberta, especialment si tenien un cert nivell de dolor –entre lleu i moderat–, tal i com indiquen els autors de l'estudi.

Respecte el treball amb resistència inercial, la tecnologia YoYo ens pot facilitar l'obtenció d'una sobrecàrrega excèntrica amb la particularitat de tenir una bona harmonia d'execució en la transició excèntrica–concèntrica de cada repetició. Tal i com es detalla en els pertinents apartats de metodologia dels dos estudis publicats en aquesta tesi, les 2 primeres repeticions de cada sèrie s'utilitzen per accelerar la *flywheel* i les següents 8 repeticions es realitzen a màxima intensitat d'esforç. Una vegada provocada l'acceleració de la *flywheel* durant la fase concèntrica de cada SSC (i.e. des d'aproximadament 90° de flexió de genoll fins a gairebé l'extensió complerta) i per tant de l'extensió de genolls, el dispositiu provoca un moment flexor important que ha de ser contrarestat mitjançant una acció excèntrica. Aquesta acció de frenada pot ser circumscrita a angles de recorreguts tant petits com decidim sempre i quan el subjecte estigui adaptat per executar-ho. En totes dues publicacions presentades en aquesta tesi, durant els primers dos terços de cada acció excèntrica simplement s'exerceix

una lleugera pressió sobre la plataforma, i és en el terç final on s'aconsegueix frenar el moviment –el qual serà seguidament reiniciat en el sentit contrari (i.e. concèntric)–. A través d'aquesta metodologia, pel fet de resistir la major part de l'energia generada durant la fase concèntrica en l'últim terç de l'excèntrica, s'aconsegueix obtenir una marcada sobrecàrrega excèntrica (la Figura 21 ho mostra des del punt de vista de l'anàlisi EMG realitzat a l'Estudi-1).

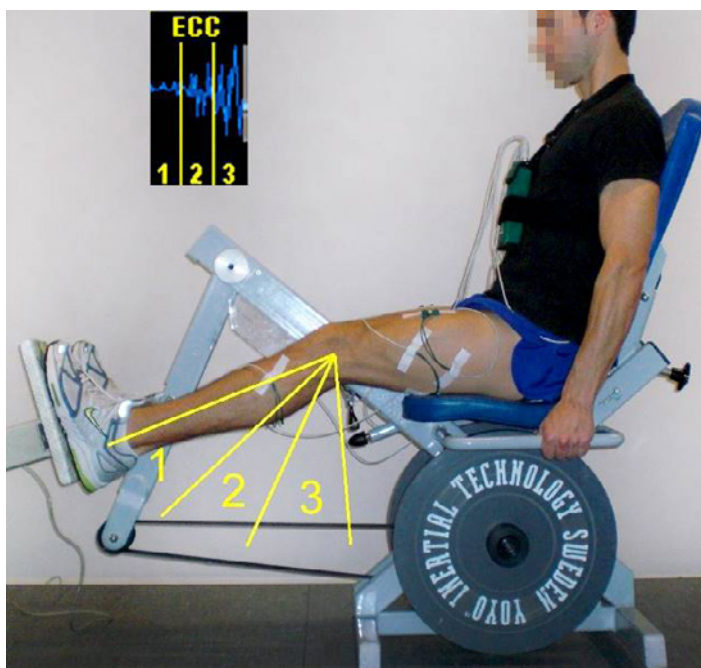


Figura 21. Imatge de la premsa de cames YoYo on es marquen els 3 terços en que es divideix el moviment d'extensió cap a flexió de genoll durant la fase excèntrica, incorporant-hi una imatge retallada que representa l'activitat EMG durant la mateixa. Aquí es pot observar com durant el terç final de la fase excèntrica l'activitat EMG es superior, indicant així la sobrecàrrega experimentada per part de l'executor (Romero-Rodríguez et al., 2011).

LA VELOCITAT D'EXECUCIÓ DE LES ACCIONS MUSCULARS

A l'apartat de la justificació d'aquesta tesi hem esmentat la velocitat com a una variable d'interès durant l'entrenament d'esportistes afectats o amb risc de patir una TR. Dels estudis que han investigat els efectes de l'entrenament excèntric, el RCT de Young et al. (2005) presenta dos grups diferenciats pel fet d'aïllar la fase excèntrica (i.e. seguint el protocol de Purdam et al., 2004) o, pel contrari, executar el cicle excèntric-concèntric complert (i.e. seguint el protocol de Curwin i Stanish, 1984). En el cas del grup que només executava la fase excèntrica, els pacients eren instruïts per tal d'executar l'exercici amb una moderada percepció de dolor. A mesura que aquest dolor baixava, se'ls indicava que incrementessin la intensitat de l'esforç a través d'augmentar el pes a mobilitzar. D'altra banda, el grup que realitzava el SSC, a banda d'indicar als participants que s'exercitessin amb el mínim dolor, se'ls hi donava la pauta d'una primera progressió en base a la velocitat d'execució seguida del posterior increment en relació al pes afegit (i.e. seguint aquest mateix ordre). Els resultats de l'estudi van mostrar que ambdós grups milloraven en VAS i VISA-p després de la intervenció. Per tant, a nivell clínic, és del tot possible obtenir millores mitjançant l'augment de la velocitat d'execució i no només incrementant la resistència a vèncer. En aquest sentit, els resultats obtinguts a l'Estudi-1 corroboren que el treball de força a elevada velocitat (i.e. potència) –en contraposició a altres metodologies d'execució lenta (Kongsgaard et al. 2009)–, a més d'obtenir millores clíniques significatives, permet augmentar la força excèntrica de quàdriceps. Quant a l'Estudi-2, tenint en compte els resultats de VISA-p durant el període d'intervenció, la clínica no va empitjorar i, en canvi, la potència de quàdriceps es va veure significativament incrementada (i.e. test de potència amb l'exercici de *squat* i CMJ).

Arribats a aquest punt de la discussió, sembla ser que l'evidència científica envers a la TR apunta cap a l'entrenament de la força muscular del quàdriceps, buscant una sobrecàrrega excèntrica òptima, i treballant també durant la transició excèntrica-concèntrica (i.e. SSC) a cada repetició. No obstant, un estudi descriptiu recent (Rio et al., 2015) ha observat una disminució del dolor a curt termini (i.e. amb una reducció del dolor als 45 minuts posteriors a la intervenció) i un augment de força (i.e. a través d'una contracció voluntària màxima en isometria) després d'una sola sessió d'entrenament isomètric -per tant, a una velocitat igual a zero-. Els autors d'aquest estudi assenyalen que aquest efecte analgèsic -sense efectes suposadament negatius en la capacitat de producció de força- podria ser beneficiós en el tractament de la TR.

Tanmateix, cal recordar que el dolor representa la punta de l'iceberg (Abate et al., 2009) en la TR, i que les accions musculars isomètriques actualment no han demostrat evidència en el tractament d'aquesta afecció. En relació a aquest fet, el treball de Kubo et al (2009), amb una intervenció de 12 setmanes de durada i una freqüència de 4 sessions setmanals, va comparar accions anisomètriques i isomètriques. Els individus s'exercitaven unilateralment amb una cadira de quàdriceps, i es va registrar que el volum vascular aportat a nivell dels tendons rotulians pertanyents a la cama que realitzava el treball anisomètric va augmentar significativament en comparació al genolls que havien realitzat un treball isomètric. Segons aquestes dades, i tenint en compte la naturalesa poc vascular dels tendons (Nordin et al., 2001), les característiques fisiopatològiques de la TR (Khan et al., 1998) i la necessitat d'òptimes càrregues d'entrenament (Wang et al., 2012), no sembla que les accions isomètriques puguin arribar a tenir un efecte positiu en la recuperació ni en la prevenció de la lesió, al menys pel que fa a població esportiva.

PARÀMETRES DE PROGRAMACIÓ EN LES INTERVENCIIONS: DURADA, FREQÜÈNCIA, VOLUM I DENSITAT

L'estudi-1, a diferència de diversos treballs (Bahr et al., 2006; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005) que segueixen les directrius d'Alfredson et al. (1998) amb gran nombre de sèries i repeticions en el seu protocol (2 sessions diàries durant tota la setmana, executant 3 sèries de 15 repeticions en cada sessió i durant 12 setmanes), demostra que és possible provocar millores quant a l'increment de força excèntrica de quàdriceps, la reducció del dolor (i.e. VAS) i l'increment positiu en el qüestionari VISA-p. Tal i com ja hem apuntat, aquest Estudi-1 ha desenvolupat un programa d'entrenament de curta durada (i.e. 6 setmanes), baixa freqüència (i.e. 2 sessions setmanals), i baix volum (i.e. 4x8). En aquesta línia també es troben altres treballs, amb un programa de 2 sessions setmanals realitzant 4x4 repeticions (Frohm et al., 2007) o 3 sessions setmanals executant 4x15-6RM (Kongsgaard et al., 2009) durant 12 setmanes d'intervenció.

Tenint en compte que les càrregues adequades poden afavorir la curació de les tendinopaties mentre que les inadequades poden deteriorar l'estructura tendinosa (Camargo et al., 2014; Maffulli i Longo, 2008), és important que, tal i com hem comentar anteriorment, les futures investigacions siguin dirigides a la concreció de les dosis d'entrenament més òptimes (Couppe et al., 2015; Larsson et al., 2012; Pearson i Hussain, 2014).

La recerca realitzada envers a les característiques biològiques dels teixits ha permès conèixer les limitacions metabòliques pròpies del tendó, amb un *turnover* molt més lent degut al menor aport vascular que presenta en comparació al teixit muscular (Kannus et al., 1997). Per tant, la capacitat del tendó per a adaptar-se a les càrregues

d'entrenament serà també menor a la del múscul. No obstant, podrà arribar a ser suficient si se li permet el temps necessari per a recuperar-se (Kannus et al., 1997). En aquest sentit, segons ha pogut ser detallat (Magnusson et al., 2010; Miller et al., 2005), la capacitat neta de síntesi de col·lagen en el tendó rotulià –com a resultat de la resposta adaptativa a l'exercici físic– presenta el seu pic màxim entre les 36-72h posteriors (Figura 22). Per tant, els investigadors sostenen la hipòtesi per la qual un temps de recuperació inadequat entre les sessions d'entrenament (i.e. menys de 24h) podria ser la causa de la degeneració tendinosa, deguda al fet de propiciar un balanç negatiu entre la síntesi i la degradació proteica (i.e. catabolisme) (Magnusson et al., 2010). Aquest plantejament concorda amb altres publicacions que també han apuntat al sobreús com el factor etiològic principal de les tendinopaties (Camargo et al., 2014; Curwin, 2005; Khan et al., 1999; Khan et al., 2005; Wang et al., 2012).

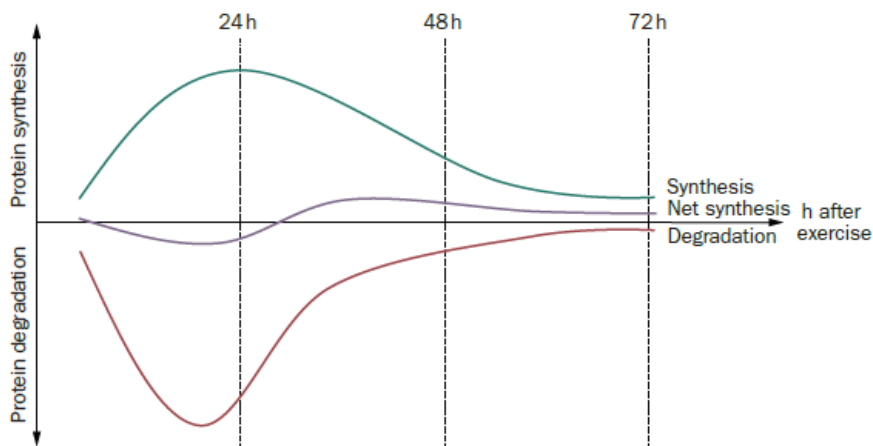


Figura 22. Representació esquemàtica de la síntesi i degradació de col·lagen durant les hores posteriors a un exercici físic extenuant i no lesiu. Es pot observar com el balanç positiu en relació a la síntesi i la degradació de col·lagen es presenta al cap d'aproximadament 36h post-esforç (Magnusson et al., 2010).

Seguint aquesta línia, el nombre de repeticions en una sèrie de treball i el temps de recuperació entre les càrregues també juguen

un paper important en les tendinopaties (Curwin, 2005). Tot i que a cadascuna de les sèries d'entrenament realitzades es procuri treballar amb càrregues que respectin els límits fisiològics, si aquesta es repetida de manera massa precoç no hi haurà temps suficient per a la recuperació i l'estructura es fatigarà (i.e. histèresi). Novament aquí, i no només entre les sessions d'entrenament, s'haurà de procurar un temps adient per a la recuperació del teixit entre les sèries de treball, reduint així el risc de lesió (Romero-Rodríguez, 2011).

CONTROL DEL DOLOR I LIMITACIÓ DE LA PRÀCTICA ESPORTIVA DURANT LA INTERVENCIÓ

A nivell de la percepció de dolor durant l'execució de l'entrenament, al contrari del que es recomanava en altres estudis (Bahr et al., 2006; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al., 2004; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005), a l'Estudi-1 s'informava els esportistes que podien experimentar molèsties durant la realització de l'exercici. No obstant, aquestes no havien d'arribar a ser importants, i tampoc es demanava als participants que busquessin cap nivell de dolor durant l'entrenament (e.g. 4-5 punts en la VAS), tal i com sí han plantejat alguns dels estudis citats (Bahr et al., 2006; Visnes et al., 2005). Tenint en compte que altres estudis amb resultats positius per la TR (Cannell et al., 2001; Dimitrios et al., 2012; Frohm et al., 2007; Kongsgaard et al., 2009; Stasinopoulos i Stasinopoulos, 2004) no s'han basat en el dolor com a indicador específic per a la progressió de la càrrega a mobilitzar per part dels individus del IG (e.g. si el dolor <3 punts VAS s'augmentava el pes afegit i si era >5 punts es disminuïa), és possible pensar que no existeix una suficient justificació per tal d'exigir –de manera explícita– el treball sota determinades situacions de dolor.

En aquest sentit, les principals variables d'avaluació en els estudis existents tracten de registrar nivells de dolor i funcionalitat. El qüestionari VISA-p (Visentini et al., 1998) permet avaluar l'estat del tendó rotulià en diferents situacions compreses durant les AVD, exercicis físics específics i la pràctica esportiva, valorant de menys a més (i.e. 0-100 punts) en funció del dolor percebut (i.e. on menys dolor implica una major puntuació VISA). Si tenim en compte que estan descrits processos previs (i.e. micro-ruptures i processos inflamatoris associats) a la percepció del dolor (Abate et al., 2009), i que els podem considerar com els factors clínics més determinants de la lesió, podríem pensar que possiblement és insuficient basar les conclusions sobre l'eficàcia dels diferents tractaments en els resultats de les escales VAS i la VISA-p. En aquest sentit, altres mesures d'avaluació fonamentades en la capacitat de transmissió de tensió per part del tendó, l'exploració ecogràfica del mateix i, fins i tot, les biòpsies de teixit, podrien ser útils alhora de realitzar un anàlisi més complet dels efectes de les diferents intervencions terapèutiques, malgrat aquestes siguin de més difícil aplicació en comparació a les escales esmentades.

Amb una relació directa al nivell de dolor associat a la TR, existeix una qüestió afegida a la resta de variables a controlar durant la intervenció en pacients afectats per la TR. Aquesta fa referència a la necessitat de prohibir o limitar la pràctica esportiva durant el temps de tractament. Segons la SR de Saithna et al. (2012), sembla ser que no existeix suficient evidència científica de qualitat com per a prohibir la pràctica esportiva a les persones afectades de TR. De fet, d'entre els diferents RCT analitzats durant l'actualització de la temàtica d'aquesta tesi, hi ha estudis que varen prohibir la pràctica esportiva durant les primeres 6-8 setmanes –d'un total de 12– de tractament (Bahr et al., 2006; Frohm et al., 2007; Jonsson i Alfredson, 2005; Purdam et al, 2004), mentre que altres no la varen prohibir, sempre hi quan aquesta no empitjorés els símptomes (Biernat et al.,

2014; Kongsgaard et al., 2009; Visnes et al., 2005; Young et al., 2005) o està associada a unes pautes específiques de readaptació a la carrera (Cannell et al., 2001). Pel que fa als estudis realitzats en aquesta tesi, tenint en compte la fisiopatologia de les tendinopaties i la tendència a la cronicitat de les mateixes (Khan et al., 1996; Khan et al., 1998; Puddu et al., 1976), en cap cas es prohibia l'activitat esportiva als participants, simplement se'ls feien unes recomanacions en relació a evitar el dolor agut i cessar aquesta activitat en el suposat cas en que els símptomes empitjessin. El motiu de no prohibir les activitats esportives es base en el fet d'intentar provocar les adaptacions tissulars necessàries per tal d'estimular la regeneració (Wang et al., 2012), a través de seguir una adient metodologia d'entrenament, tot i tenir el coneixement de poder experimentar algunes molèsties durant el període d'intervenció (Kongsgaard et al., 2009).

PREVENCIÓ DE LA TENDINOPATIA ROTULIANA, RENDIMENT ESPORTIU I MESURES COMPLEMENTÀRIES

L'Estudi-2 constitueix la primera investigació en abordar l'efecte preventiu de l'entrenament inercial en una població d'esportistes de bàsquet i voleibol al llarg d'una temporada competitiva. No obstant, degut a la manca de noves lesions durant el període d'estudi en cap dels dos grups, no ha estat possible inferir cap efecte preventiu per part de la intervenció. Altres estudis, amb una metodologia diferent en relació al treball de la força, també han investigat sobre el possible efecte preventiu –intentant emfatitzar el component excèntric de l'exercici– durant una temporada competitiva (Biernat et al., 2014; Fredberg et al., 2008). La proposta d'intervenció de l'estudi de Fredberg et al. (2008) ja ha sigut presentada a l'apartat de l'estat de la qüestió, on s'ha assenyalat la possible insuficiència de la dosi

d'entrenament administrada com la causa que no ha permès crear adaptacions positives (Wang et al., 2012). En relació al treball de Biernat et al. (2014), després de les 24 setmanes d'intervenció basades en un entrenament excèntric aïllat a sobre d'una cunya declinada, els resultats del VISA-p varen millorar en el IG en comparació al CG. No obstant, no es varen obtenir millores significatives en relació al CMJ ni tampoc en la força màxima de quàdriceps i isquiosurals. Com ja hem assenyalat anteriorment, els resultats de l'Estudi-2 avalen la utilització de l'exercici YoYo-Squat per a millorar la potència de la musculatura de les EEII i el valor del CMJ. Aquest fet ha estat registrat en esportistes de bàsquet i voleibol durant la temporada competitiva.

En relació al paràgraf anterior, tal i com ja hem argumentat a la secció de justificació, la resistència inercial (i.e. tecnologia YoYo) emprada en els dos estudis d'aquesta tesi permet desenvolupar elevades intensitats d'esforç durant la transició des de la fase excèntrica a la concèntrica (i.e. SSC), aproximant-se d'aquesta manera a l'execució real d'una acció de salt. Per aquest motiu podríem pensar que la utilització d'aquests sistemes d'entrenament pot influir en l'augment del rendiment dels esportistes on el salt tingui un paper rellevant durant la competició (e.g. voleibol, bàsquet). Pel que fa als resultats del CMJ, a l'Estudi-1 no es varen obtenir millores pre-post. Pel contrari, a l'Estudi-2, el IG va experimentar millores pre-post que varen ser estadísticament significatives en comparació al CG. Tal i com queda argumentat a la discussió de la segona publicació de la tesi, aquesta diferència de resultats en el CMJ pot ser deguda –entre d'altres factors– al tipus d'exercici utilitzat (i.e. *squat*), el qual és més dirigit a l'execució real del salt en comparació al treball de força desenvolupat a l'Estudi-1 (i.e. premsa de cames).

De la mateixa manera que hem fet en el primer punt d'aquesta discussió, on s'han mencionat les limitacions relatives a l'Estudi-1, una de les possibles limitacions de l'Estudi-2 és el fet de no haver utilitzat

una execució unilateral (i.e. a una cama), tant en l'entrenament del IG com en l'avaluació del total de la mostra al realitzar el test de potencia a la YoYo-Squat i el test CMJ. Aquest fet suposa una limitació de cara a poder aportar informació relativa a l'asimetria entre cames, la qual s'ha demostrat que pot predisposar a l'esportista a una major incidència lesiva (Fousekis et al., 2011; Knapik et al., 1991).

Els possibles efectes terapèutics i d'augment del rendiment físic descrits en les intervencions d'aquesta tesi han estat investigats evitant l'aplicació d'altres mesures complementàries que no fossin les pròpies del treball de força. En aquest sentit i a diferència d'altres estudis, podem destacar que tant a l'Estudi-1 com a l'Estudi-2 s'ha prescindit de l'aplicació d'agents físics com la crioteràpia (Biernat et al., 2014; Cannell et al., 2001; Curwin i Stanish, 1984; Frohm et al., 2007) o la ingesta d'antiinflamatoris (Bahr et al., 2006; Cannell et al., 2001; Visnes et al., 2005) durant el període d'intervenció. Un altre element present en molts estudis de manera implícita als programes d'entrenament són els estiraments. En el cas dels dos estudis que conformen la part experimental d'aquesta tesi els estiraments només apareixien com a mesura complementària, aplicats durant l'escalfament (i.e. Estudi-1 i Estudi-2) i la fase de tornada a la calma (i.e. Estudi-1). De fet, sembla ser que els estiraments, per sí sols, no presenten una evidència científica destacable –si més no, com a positiva– en el tractament de la TR. D'aquesta manera és recollit en la SR de Malliaras et al. (2013), la qual ha analitzat els efectes dels diferents programes d'entrenament a través de càrregues físiques i no inclou els estiraments aïllats com a tals. Igualment, tampoc s'ha trobat cap efecte dels estiraments en la prevenció de la TR (Fredberd et al., 2008; Peters et al., 2015).

CONCLUSIONS

Els resultats d'aquesta tesi recolzen la implementació de programes d'entrenament inercial de la força de baixa freqüència d'administració setmanal (i.e. 1 o 2 sessions setmanals), baix volum de treball (i.e. 4x8) i alta intensitat (i.e. sobrecàrrega excèntrica) en esportistes afectats o amb risc de patir una TR.

Una programació de treball de força amb resistència inercial durant 6 setmanes millora la força excèntrica de quàdriceps i disminueix la simptomatologia en esportistes afectats de TR crònica (Estudi-1).

Una intervenció d'entrenament inercial amb sobrecàrrega excèntrica de baixa freqüència (i.e. 1 sessió setmanal) millora la potència de cames sense provocar molèsties a nivell dels tendons rotulians (i.e. VISA-p) durant la temporada competitiva de jugadors/es de bàsquet i voleibol (Estudi-2).

FUTURES LÍNIES D'INVESTIGACIÓ

En relació a les futures línies d'investigació sembla evident que encara es necessita investigar més a nivell de la fisiopatologia de la TR per tal de poder establir de forma més precisa el mecanisme lesiu que la produeix. D'aquesta manera es podrien desenvolupar estratègies més efectives tant pel que fa al tractament com a la prevenció de la lesió (Magnusson et al., 2010; Rees et al., 2009).

En aquesta línia, seria convenient i útil dur a terme una revisió crítica (i.e. *critical appraisal*) sobre els efectes dels diferents programes d'entrenament proposats, amb l'objectiu d'aportar coneixement sobre les estratègies més eficaces (Couppé et al., 2015; Larsson et al., 2012; Pearson i Hussain, 2014) i poder-les aplicar –adaptant-les prèviament– a nivell de la prevenció de la TR.

Tenint en compte el considerable nombre de RCT i SR publicats en els darrers anys, és possible que en breu es puguin elucidar alguns dels aspectes relatius a les intervencions més adients per a la TR.

BIBLIOGRAFIA

Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Halkjaer-Kristensen J, Dyhre-Poulsen P. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *J Appl Physiol.* (1985); 89(6): 2249-57.

Abat F, Diesel WJ, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. (2014). Effectiveness of the Intratissue Percutaneous Electrolysis (EPI®) technique and isoinertial eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy at two years follow-up. *Muscles Ligaments Tendons J.*; 4(2): 188-93.

Abat F, Gelber PE, Polidori F, Monllau JC, Sanchez-Ibañez JM. (2015). Clinical results after ultrasound-guided intratissue percutaneous electrolysis (EPI®) and eccentric exercise in the treatment of patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*; 23(4): 1046-52.

Abate M, Silbernagel KG, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V, Werner S, Paganelli R. (2009). Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration? *Arthritis Res Ther.*; 11(3): 235.

Albert M. (1999). Entrenamiento muscular excéntrico en deportes y ortopedia. Barcelona (España): Paidotribo.

Alfredson H, Pietilä T, Jonsson P, Lorentzon R. (1998). Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *The Am J Sports Med.*; 26(3): 360-6.

Allison GT, Purdam C. (2009). Eccentric loading for Achilles

- tendinopathy -strengthening or stretching? *Br J Sports Med.*; 43(4): 276-9.
- Almekinders LC, Vellema JH, Weinhold PS. (2002). Strain patterns in the patellar tendon and the implications for patellar tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*; 10(1): 2-5.
- Araya Quintanilla F, Gutiérrez Espinoza H, Aguilera Eguía R, Polanco Cornejo N., Valenzuela Fuenzalida J.J. (2012). Ejercicio excéntrico declinado en la tendinopatía patelar crónica: revisión sistemática. *Rev Andal Med Deporte.*; 5(2): 75-82.
- Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports.*; 13(4): 244-50.
- Backman LJ, Danielson P. (2011). Low range of ankle dorsiflexion predisposes for patellar tendinopathy in junior elite basketball players: a 1-year prospective study. *Am J Sports Med.*; 39(12): 2626-33.
- Bahr R, Fossan B, Løken S, Engebretsen L. (2006). Surgical treatment compared with eccentric training for patellar tendinopathy (Jumper's Knee). A randomized, controlled trial. *J Bone Joint Surg Am.*; 88(8): 1689-98.
- Basso O, Amis AA, Race A, Johnson DP. (2002). Patellar tendon fiber strains: their differential responses to quadriceps tension. *Clin Orthop Relat Res.*; (400): 246-53.
- Berg HE, Tesch PA. (1992). Designing methods for musculoskeletal conditioning in weightlessness. *Physiologist.*; 35(1 Suppl): S96-8.
- Berg HE, Tesch PA. (1994). A gravity-independent ergometer to be used for resistance training in space. *Aviation Space and*

Environmental Medicine; 65(8): 752-6.

Berg HE, Tesch PA. (1998). Force and power characteristics of a resistive exercise device for use in space. *Acta Astronaut.*; 42(1-8): 219-30.

Biernat R, Trzaskoma Z, Trzaskoma L, Czaprowski D. (2014). Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19-year old volleyball players. *J Strength Cond Res.*; 28(1): 43-52.

Bigland-Ritchie B, Woods JJ. (1976). Integrated electromyogram and oxygen uptake during positive and negative work. *J Physiol.*; 260(2): 267-77.

Bisseling RW, Hof AL, Bredeweg SW, Zwerver J, Mulder T. (2007). Relationship between landing strategy and patellar tendinopathy in volleyball. *Br J Sports Med.*; 41(7): e8. Epub 2007 Jan 15.

Bisseling RW, Hof AL, Bredeweg SW, Zwerver J, Mulder T. (2008). Are the take-off and landing phase dynamics of the volleyball spike jump related to patellar tendinopathy? *Br J Sports Med.*; 42(6): 483-9.

Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. (1973). Jumper's knee. *Orthop Clin North Am.*; 4(3): 665-78.

Camargo PR, Albuquerque-Sendín F, Salvini TF. (2014). Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: review and perspectives. *World J Orthop.*; 5(5): 634-44.

Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM. (2001). 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.*; 35(1): 60-4.

Cavanagh PR, Komi PV. (1979). Electromechanical delay in human

- skeletal muscle under concentric and eccentric contractions. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*; 42(3): 159-63.
- Colliander EB, Tesch PA. (1990). Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiol Scand*; 140(1): 31-9.
- Colosimo AJ, Bassett FH 3rd. (1990). Jumper's knee. Diagnosis and treatment. *Orthop Rev*; 19(2): 139-49.
- Cook JL, Khan KM, Harcourt PR, Grant M, Young DA, Bonar SF. (1997). A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. *Br J Sports Med*; 31(4): 332-6.
- Cook JL, Kiss ZS, Khan KM, Purdam CR, Webster KE. (2004a). Anthropometry, physical performance, and ultrasound patellar tendon abnormality in elite junior basketball players: a cross-sectional study. *Br J Sports Med*; 38(2): 206-9.
- Cook JL, Malliaras P, De Luca J, Ptasznik R, Morris ME, Goldie P. (2004b). Neovascularization and pain in abnormal patellar tendons of active jumping athletes. *Clin J Sport Med*; 14(5): 296-9.
- Couppé C, Kongsgaard M, Aagaard P, Hansen P, Bojsen-Moller J, Kjaer M, Magnusson SP. (2008). Habitual loading results in tendon hypertrophy and increased stiffness of the human patellar tendon. *J Appl Physiol*; 105(3): 805-10.
- Couppé C, Svensson RB, Silbernagel KG, Langberg H, Magnusson SP. (2015). Eccentric or Concentric Exercises for the Treatment of Tendinopathies? *J Orthop Sports Phys Ther*; 15:1-25.
- Curwin S, Stanish WD. (1984). *Tendinitis: its aetiology and treatment*. Lexington, MA: Collamore Press.
- Curwin SL. (2005). Rehabilitation after tendon injuries. In: Maffulli N,

Renström P, Leadbetter WB. (Ed). Tendon injuries: basic science and clinical medicine. USA: Springer-Verlag London.

Debenham J, Travers M, Gibson W, Campbell A, Allison G. (2015). Eccentric Fatigue Modulates Stretch-shortening Cycle Effectiveness - A Possible Role in Lower Limb Overuse Injuries. *Int J Sports Med.* [Epub ahead of print]

de Boer MD, Selby A, Atherton P, Smith K, Seynnes OR, Maganaris CN, Maffulli N, Movin T, Narici MV, Rennie MJ. (2007). The temporal responses of protein synthesis, gene expression and cell signalling in human quadriceps muscle and patellar tendon to disuse. *J Physiol.*; 585(Pt 1): 241-51.

de Groot R, Malliaras P, Munteanu S, Payne C, Morrissey D, Maffulli N. (2012). Foot posture and patellar tendon pain among adult volleyball players. *Clin J Sport Med.*; 22(2): 157-9. doi: 10.1097/JSM.0b013e31824714eb.

de Hoyo M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez-Cobo S, Morán-Camacho E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.*; 10(1): 46-52.

de Vries AJ, van der Worp H, Diercks RL, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. (2015). Risk factors for patellar tendinopathy in volleyball and basketball players: A survey-based prospective cohort study. *Scand J Med Sci Sports.*; 25(5): 678-84.

Dimitrios S, Pantelis M, Kalliopi S. (2012). 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.*; 26(5): 423-30.

- Dudley GA, Tesch PA, Miller BJ, Buchanan P. (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviat Space Environ Med.*; 62(6): 543-50.
- Faulkner JA. (2003). Terminology for contractions of muscles during shortening, while isometric, and during lengthening. *J Appl Physiol.*; 95(2): 455-9.
- Ferretti A. (1986). Epidemiology of jumper's knee. *Sports Med.*; 3(4): 289-95.
- Ferretti A, Ippolito E, Mariani P, Puddu G. (1983). Jumper's knee. *Am J Sports Med.*; 11(2): 58-62.
- Ferretti A, Puddu G, Mariani PP. (1985). The natural history of jumper's knee: Patellar or quadriceps tendonitis. *Int Orthop.*; 8(4): 239-42.
- Fousekis K, Tsepis E, Poulmedis P, Athanasopoulos S, Vagenas G. (2011). Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *Br J Sports Med.*; 45(9): 709-14.
- Fredberg U, Bolvig L. (1999). Jumper's knee. Review of the literature. *Scand J Med Sci Sports.*; 9(2): 66-73.
- Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT. (2008). Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons. *The American Journal of Sports Medicine*; 36(3): 451-60.
- Frizziero A, Trainito S, Oliva F, Nicoli Aldini N, Masiero S, Maffulli N. (2014). The role of eccentric exercise in sport injuries rehabilitation. *Br Med Bull.*; 110(1): 47-75.
- Frohm A, Halvorsen K, Thorstensson A. (2005). A new device for controlled eccentric overloading in training and rehabilitation.

Eur J Appl Physiol. 94(1-2): 168-74.

Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renström P. (2007). Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*; 41(7):e7.

Fung DT, Wang VM, Andarawis-Puri N, Basta-Pljakic J, Li Y, Laudier DM, Sun HB, Jepsen KJ, Schaffler MB, Flatow EL. (2010). Early response to tendon fatigue damage accumulation in a novel in vivo model. *J Biomech.*; 43(2): 274-9.

Goldspink G. (1985). Malleability of the motor system: a comparative approach. *J Exp Biol.*; 115: 375-91.

Goldspink G. (1999). Changes in muscle mass and phenotype and the expression of autocrine and systemic growth factors by muscle in response to stretch and overload. *J Anat.*; 194(Pt-3): 323-34.

Greenwood J, Morrissey MC, Rutherford OM, Narici MV. (2007). Comparison of conventional resistance training and the fly-wheel ergometer for training the quadriceps muscle group in patients with unilateral knee injury. *Eur J Appl Physiol.*; 101(6): 697-703.

Hägglund M, Zwerver J, Ekstrand J. (2011). Epidemiology of patellar tendinopathy in elite male soccer players. *Am J Sports Med.*; 39(9): 1906-11.

Hansen P, Haraldsson BT, Aagaard P, Kovanen V, Avery NC, Qvortrup K, Larsen JO, Krogsgaard M, Kjaer M, Peter Magnusson S. (2010). Lower strength of the human posterior patellar tendon seems unrelated to mature collagen cross-linking and fibril morphology. *J Appl Physiol (1985).*; 108(1): 47-52.

Helland C, Bojsen-Møller J, Raastad T, Seynnes OR, Moltubakk MM,

- Jakobsen V, Visnes H, Bahr R. (2013). Mechanical properties of the patellar tendon in elite volleyball players with and without patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.*; 47(13): 862-8.
- Herzog W, Powers K, Johnston K, Duvall M. (2015). A new paradigm for muscle contraction. *Front Physiol.*; 6: 174. doi: 10.3389/fphys.2015.00174. eCollection 2015.
- Hill AV. (1922). The maximum work and mechanical efficiency of human muscles, and their most economical speed. *J Physiol.*; 56(1-2): 19-41.
- Hof AL, Van Zandwijk JP, Bobbert MF. (2002). Mechanics of human triceps surae muscle in walking, running and jumping. *Acta Physiol Scand.*; 174(1): 17-30.
- Hoksrud A, Ohberg L, Alfredson H, Bahr R. (2008). Color Doppler ultrasound findings in patellar tendinopathy (jumper's knee). *Am J Sports Med.*; 36(9): 1813-20.
- Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NA. (2015). Previously identified patellar tendinopathy risk factors differ between elite and sub-elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports.*; 25(3): 308-14. doi: 10.1111/sms.12206. Epub 2014 Mar 19.
- Jensen K, Di Fabio RP. (1989). Evaluation of eccentric exercise in treatment of patellar tendinitis. *Phys Ther.*; 69(3): 211-6.
- Jones DA, Rutherford OM. (1987). Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *J Physiol.*; 391: 1-11.
- Jonsson P, Alfredson H. (2005). Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med.*;

39(11): 847-50.

Kannus P. (1997). Etiology and pathophysiology of chronic tendon disorders in sports. *Scand J Med Sci Sports*; 7(2): 78-85.

Kannus P, Jozsa L, Natri A, Jarvinen M. (1997). Effects of training, immobilization and remobilization on tendons. *Scand J Med Sci Sports*; 7(2): 67-71.

Khan KM, Bonar F, Desmond PM, Cook JL, Young DA, Visentini PJ, Fehrmann MW, Kiss ZS, O'Brien PA, Harcourt PR, Dowling RJ, O'Sullivan RM, Crichton KJ, Tress BM, Wark JD. (1996). Patellar tendinosis (jumper's knee): findings at histopathologic examination, US, and MR imaging. *Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. Radiology*; 200(3): 821-7.

Khan KM, Cook JL, Bonar F, Harcourt P, Astrom M. (1999). Histopathology of common tendinopathies. Update and implications for clinical management. *Sports Med*; 27(6): 393-408.

Khan KM, Cook JL, Maffulli N. (2005). Patellar tendinopathy and patellar tendon rupture. In: Maffulli N, Renström P, Leadbetter WB. (Ed). *Tendon injuries: basic science and clinical medicine*. USA: Springer-Verlag London.

Khan KM, Maffulli N, Coleman BD, Cook JL, Taunton JE. (1998). Patellar tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. *Br J Sports Med*; 32(4): 346-55.

Kjaer M. (2004). Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev*; 84(2): 649-98.

Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with

- athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Sports Med.*; 19(1): 76-81.
- Komi PV, Bosco C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports.*; 10(4):261-5.
- Komi PV, Kaneko M, Aura O. (1987). EMG activity of the leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. *Int J Sports Med.*; 8(Suppl-1): 22-9.
- Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, Kaldau NC, Kjaer M, Magnusson SP. (2009). Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports.*; 19(6): 790-802.
- Kongsgaard M, Reitelseder S, Pedersen TG, Holm L, Aagaard P, Kjaer M, Magnusson SP. (2007). Region specific patellar tendon hypertrophy in humans following resistance training. *Acta Physiol (Oxf.)*; 191(2): 111-21.
- Kraemer R, Knobloch K. (2009). A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. *Am J Sports Med.*; 37(7): 1384-93.
- Kraemer WJ, Ratamess NA. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.*; 36(4): 674-88.
- Larsson ME, Käll I, Nilsson-Helander K. (2012). Treatment of patellar tendinopathy: a systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*; 20(8): 1632-46.

- LaStayo PC, Pierotti DJ, Pifer J, Hoppeler H, Lindstedt SL. (2000). Eccentric ergometry: increases in locomotor muscle size and strength at low training intensities. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.*; 278(5): R1282-8.
- LaStayo PC, Woolf JM, Lewek MD, Snyder-Mackler L, Reich T, Lindstedt SL. (2003). Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *J Orthop Sports Phys Ther.*; 33(10): 557-71.
- Leonard TR, Herzog W. (2010). Regulation of muscle force in the absence of actin-myosin-based cross-bridge interaction. *Am J Physiol Cell Physiol.*; 299(1): C14-20.
- Lian O, Engebretsen L, Ovrebo RV, Bahr R. (1996). Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. *Am J Sports Med.*; 24(3): 380-5.
- Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. (2005). Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. *Am J Sports Med.*; 33(4): 561-7.
- Lian Ø, Refsnes PE, Engebretsen L, Bahr R. (2003). Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. *Am J Sports Med.*; 31(3): 408-13.
- Lorenz T i Campello M; adaptat de Pitman MI i Peterson L. (2001). Biomechanics of skeletal muscle. En: Nordin M, Frankel VH. Basic biomechanics of the musculoskeletal system. Third edition. Baltimore (USA): Lippincott Williams & Wilkins.
- Maffulli N, Longo UG. (2008). How do eccentric exercises work in tendinopathy? *Rheumatology (Oxford).*; 47(10): 1444-5.
- Maganaris CN, Narici MV. (2005). Mechanical properties of tendons.

- In: Maffulli N, Renström P, Leadbetter WB. (Ed). Tendon injuries: basic science and clinical medicine. USA: Springer-Verlag London.
- Magnusson SP, Langberg H, Kjaer M. (2010). The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nat Rev Rheumatol*; 6(5): 262-8.
- Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H. (2013). Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports Med*; 43(4): 267-86.
- Malliaras P, Cook JL, Kent P. (2006). Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *J Sci Med Sport*; 9(4): 304-9.
- Malliaras P, Cook JL, Kent PM. (2007). Anthropometric risk factors for patellar tendon injury among volleyball players. *Br J Sports Med*; 41(4): 259-63.
- Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. (2015). Patellar tendinopathy: clinical diagnosis, load management, and advice for challenging case presentations. *J Orthop Sports Phys Ther*; 21: 1-33.
- Mann KJ, Edwards S, Drinkwater EJ, Bird SP. (2013). A lower limb assessment tool for athletes at risk of developing patellar tendinopathy. *Med Sci Sports Exerc*; 45(3): 527-33. doi: 10.1249/MSS.0b013e318275e0f2.
- Miller BF , Olesen JL, Hansen M, Døssing S, Cramer RM, Welling RJ, Langberg H, Flyvbjerg A, Kjaer M, Babraj JA, Smith K, Rennie MJ. (2005). Coordinated collagen and muscle protein synthesis in human patella tendon and quadriceps muscle after exercise. *J Physiol*; 567(Pt 3): 1021-33.

- Neviaser A, Andarawis-Puri N, Flatow E. (2012). Basic mechanisms of tendon fatigue damage. *J Shoulder Elbow Surg.*; 21(2): 158-63.
- Nordin M, Frankel VH. (2001). Biomechanics of the knee. En: Nordin M, Frankel VH. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Third edition. Baltimore (USA): Lippincott Williams & Wilkins.
- Nordin M, Lorenz T, Campello M. (2001). Biomechanics of tendons and ligaments. En: Nordin M, Frankel VH. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Third edition. Baltimore (USA): Lippincott Williams & Wilkins.
- Norman RW, Komi PV. (1979). Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiol Scand.*; 106(3): 241-8.
- Norrbrand L, Fluckey JD, Pozzo M, Tesch PA. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *Eur J Appl Physiol.*; 102(3): 271-81.
- Norrbrand L, Tous-Fajardo J, Vargas R, Tesch PA. (2011). Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. *Aviat Space Environ Med.*; 82(1): 13-9.
- Onambélé GL, Maganaris CN, Mian OS, Tam E, Rejc E, McEwan IM, Narici MV. (2008). Neuromuscular and balance responses to flywheel inertial versus weight training in older persons. *J Biomech.*; 41(15): 3133-8.
- Özkaya N, Leger D. (2001). Introduction to biomechanics: basic terminology and concepts. En: Nordin M, Frankel VH. *Basic biomechanics of the musculoskeletal system*. Third edition. Baltimore (USA): Lippincott Williams & Wilkins.
- Pearson SJ, Hussain SR. (2014). Region-specific tendon properties

and patellar tendinopathy: a wider understanding. *Sports Med.*; 44(8): 1101-12.

Peters JA, Zwerver J, Diercks RL, Elferink-Gemser MT, van den Akker-Scheek I. (2015). Preventive interventions for tendinopathy: A systematic review. *J Sci Med Sport*. Apr 1. pii:S1440-2440(15)00080-8. doi: 10.1016/j.jsams.2015.03.008. [Epub ahead of print]

Portney LG, Watkins, MP. (2009). *Foundations of clinical research: Applications to practice*. 3rd Ed. New Jersey: Pearson Education.

Puddu G, Ippolito E, Postacchini F. (1976). A classification of Achilles tendon disease. *Am J Sports Med.*; 4(4): 145-50.

Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM. (2004). A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.*; 38(4): 395-7.

Rabin A. (2006). Is there evidence to support the use of eccentric strengthening exercises to decrease pain and increase function in patients with patellar tendinopathy? *Phys Ther.*; 86(3): 450-6.

Rees JD, Wolman RL, Wilson A. (2009). Eccentric exercises; why do they work, what are the problems and how can we improve them? *Br J Sports Med.* 43(4): 242-6.

Reeves ND, Maganaris CN, Narici MV. (2003a). Effect of strength training on human patella tendon mechanical properties of older individuals. *J Physiol.*; 548(Pt 3):971-81.

Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. (2003b). Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. *Muscle Nerve.*; 28(1):74-81.

Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, Cook J.

Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2015 Oct;49(19):1277-83. doi: 10.1136/bjsports-2014-094386. Epub 2015 May 15.

Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, Reid WD. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 43(8): 556-68.

Romero-Rodríguez D. (2010). Factores de riesgo de lesión en el deporte. En: Romero-Rodríguez D, Tous-Fajardo J. *Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento optimo.* Madrid: Médica Panamericana D.L.

Romero-Rodríguez D, Gual G, Tesch PA. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case-series study. *Physical Therapy in Sport.* 12(1): 43-8.

Schwartz A, Watson JN, Hutchinson MR. (2015). Patellar Tendinopathy. *Sports Health.*; 7(5): 415-20.

Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. (1986). Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Orthop Relat Res.*; (208): 65-8.

Stasinopoulos D, Stasinopoulos I. (2004). Comparison of effects of exercise programme, pulsed ultrasound and transverse friction in the treatment of chronic patellar tendinopathy. *Clin Rehabil.*; 18(4): 347-52.

Tanzer ML. (1973). Cross-linking of collagen. *Science*; 180(4086): 561-6.

Tesch PA, Ekberg A, Lindquist DM, Trieschmann JT. (2004). Muscle

hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. *Acta Physiol Scand.*; 180(1): 89-98.

Tiemessen IJ, Kuijer PP, Hulshof CT, Frings-Dresen MH. (2009). Risk factors for developing jumper's knee in sport and occupation: a review. *BMC Res Notes.*; 2: 127. doi: 10.1186/1756-0500-2-127.

Tous, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Barcelona: Ergo.

Tous-Fajardo J. (2010). Entrenamiento de la fuerza mediante sobrecargas excèntrica. En: Romero-Rodríguez D, Tous-Fajardo J. *Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento optimo*. Madrid: Médica Panamericana D.L.

Trappe TA, Carrithers JA, White F, Lambert CP, Evans WJ, Dennis RA. (2002). Titin and nebulin content in human skeletal muscle following eccentric resistance exercise. *Muscle Nerve.*; 25(2): 289-92.

van der Worp H, van Ark M, Roerink S, Pepping GJ, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. (2011a). Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. *Br J Sports Med.*; 45(5): 446-52.

van der Worp H, van Ark M, Zwerver J, van den Akker-Scheek I. (2012). Risk factors for patellar tendinopathy in basketball and volleyball players: a cross-sectional study. *Scand J Med Sci Sports.*; 22(6): 783-90.

van der Worp H, Zwerver J, Kuijer PP, Frings-Dresen MH, van den Akker-Scheek I. (2011b). 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.; 24(1): 49-55.

Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD. (1998). The VISA score: An index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. *Journal of Science and Medicine in Sport*; 1(1): 22-8.

Visnes H, Aandahl HÅ, Bahr R. (2013). Jumper's knee paradox -jumping ability is a risk factor for developing jumper's knee: a 5-year prospective study. *Br J Sports Med.*; 47(8): 503-7.

Visnes H, Bahr R. (2007). The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): A critical review of exercise programmes. *Br J Sports Med.*; 41: 217-23.

Visnes H, Bahr R. (2013). Training volume and body composition as risk factors for developing jumper's knee among young elite volleyball players. *Scand J Med Sci Sports.*; 23(5): 607-13.

Visnes H, Hoksrud A, Cook J, Bahr R. (2005). No effect of eccentric training on jumper's knee in volleyball players during the competitive season: a randomized clinical trial. *Clin J Sport Med.*; 15(4): 227-34.

Vogt M, Hoppeler HH. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol.*; 116(11): 1446-54.

Wang JH, Guo Q, Li B. (2012). Tendon biomechanics and mechanobiology –a minireview of basic concepts and recent advancements. *J Hand Ther.*; 25(2): 133-40.

Warden SJ, Metcalf BR, Kiss ZS, Cook JL, Purdam CR, Bennell KL, Crossley KM. (2008). Low-intensity pulsed ultrasound for chronic

patellar tendinopathy: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Rheumatology (Oxford)*.; 47(4): 467-71.

Wasielowski NJ, Kotsko KM. (2007). Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physical active adults with symptomatic lower extremity tendinosis? A systematic review. *J Athl Train.*; 42(3): 409-21.

Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, Cambier D. (2001). Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population. A two-year prospective study. *Am J Sports Med.*; 29(2): 190-5.

Woodely BL, Newsham-West RJ, Baxter GD. (2007). Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise. *Br J Sports Med.*; 41: 188-99.

Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. (2005). 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.*; 39(2): 102-5.

Zernicke RF, Garhammer J, Jobe FW. (1977). Human patellar-tendon rupture. *J Bone Joint Surg Am.*; 59(2): 179-83.

Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL. (2007). Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. *Br J Sports Med.*; 41(4): 264-8.

Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. (2011). Prevalence of jumper's knee among non-elite athletes from different sports: A cross-sectional survey. *Am J Sports Med.*; 39(9): 1984-8.

AGRAÏMENTS

Primerament vull donar les gràcies al meu director i amic, el Dr. Daniel Romero Rodríguez. Has sigut la font d'inspiració d'aquesta tesi doctoral, així com de la meva línia de treball com a professional i, fins i tot, com a persona.

Al meu co-director de tesi, el Dr. Antoni Aguiló Pons, li vull agrair la seva ajuda durant el tram final d'aquesta treball, especialment pel que fa als aspectes logístics. Estic content de poder formar part del teu equip de treball a la UIB.

Agrair també l'ajuda de la meva tutora, la Dra. Caritat Bagur Calafat. Des del primer dia que la vaig conèixer durant el congrés de la FIMS del 2008 a Barcelona vaig connectar professionalment amb ella. Gràcies pel teu suport durant aquests anys.

Gràcies al Dr. Jose Manuel Sánchez Ibáñez. Un dels millors especialistes tant en l'exploració com en el tractament de les tendinopaties. *Gracias por tu osadía profesional.*

Vull mostrar també la meva gratitud al Dr. Julio Tous Fajardo. Referent per a tots els que pensem que la força és la qualitat física essencial, tant pel que fa al rendiment esportiu com en la prevenció de lesions, així com en la readaptació esportiva de les mateixes. *Gracias por ayudarme desde el primer día en que te conocí.*

Al Dr. Per A. Tesch, tot un referent mundial en les investigacions sobre la fisiologia del múscul i el treball de la força. *Thank you very much Per, it has been a big pleasure for me to have the opportunity to work with you.*

A la co-autora i amiga la Dra. Azahara Fort Vanmeerhaeghe. Gràcies per deixar-te anar i apropar-te, al final hem trobat una maca amiat. Gràcies per la teva ajuda en el camp de la investigació i, molt especialment, per haver-me presentat a la meva parella. Seguirem pedalant junts.

Als membres del Laboratori de Biomecànica: Dr. Dani Romero Rodríguez, Dr. Ferran Rey Abella, MSc. Ana Germán Romero, Dra. Núria Massó Ortigosa, Dr. Jordi Vilaró Casamitjana, i Dr. Lluís Costa Tutusaus. Mai no oblidaré els anys que hem passat junts. Al laboratori vaig aprendre sobre moltes temàtiques, penso que ha sigut la millor formació de postgrau que he tingut, sense oblidar tot el que em vàreu aportar més enllà dels coneixements tècnics. Gràcies amics.

A la gran fisioterapeuta especialitzada en l'atenció als malalts respiratoris, i amiga, la Msc. Ana Balañá Corberó. Vàrem començar sent amics, vàrem viure moltes experiències junts i, al final, continuem sent més amics que mai.

Al millor professor que vaig tenir durant la carrera, actualment un bon amic, el Dr. Jordi Vilaró Casamitjana. Gràcies a tu vaig emprendre el camí de la recerca.

Moltes gràcies al Dr. Filip Staes, el meu director de tesina durant el Màster en Fisioteràpia que vaig realitzar a la *Katholieke Universiteit Leuven* (Bèlgica). Sabia quatre coses sobre la recerca i ell em va introduir de ple en la investigació en fisioteràpia. *Bedankt Filip.*

A una de les millors professores que he tingut durant la carrera, la també amiga, Dra. Mercè Sitjà i Rabert. No t'imagines quant admiro la teva capacitat de superació.

Al Dr. Xavier Bonfill i Cosp, director del *Centro Cochrane Iberoamericano*, tot un referent en el camp de la investigació, especialment pel que fa

a les revisions sistemàtiques. Moltes gràcies pels teus consells, suport i proximitat en el tracte. Gràcies també per la seva inestimable ajuda al MSc. Ivàn Solà, membre de la mateixa institució.

Als fisioterapeutes Sergi Casals Gutiérrez, Jorge Genové Pascual i Emiliano Cacciatori. Sense la vostra ajuda el segon estudi d'aquesta tesi no hagués pogut funcionar. Sempre us estaré agraït.

A tots els esportistes, entrenadors, preparadors físics i demés persones que han permès la realització dels dos estudis presentats. Moltíssimes gràcies.

Gràcies per l'ajuda en els temes relatius al disseny, maquetació i retoc fotogràfic al meu bon amic Joan Pascual Amengual.

A la Conxa Packard de Reus per la seva ajuda amb les traduccions a l'anglès.

Al meu osteòpata i, per sobre de tot, amic, Pau Dalmau Torres. Ets tot un referent com a terapeuta manual, director-gestor i persona. Ets genial.

A la meva família més propera: germà, pradina, pradí..., i en especial a la meva mare, Margalida Crespí Caimari. Sense tu no hauria pogut arribar fins aquí.

Molt especialment, gràcies a la meva parella, Xènia Chela Álvarez. Has tingut un paper fonamental durant la segona meitat d'aquesta tesi. Et dono les gràcies de tot cor per tot el que estem vivint junts, "el més important de la meva vida!"

Gràcies també als que ja no estan aquí, però que sempre tinc presents.

ANNEXES

1. ESTUDI-1

- 1.1. Carta d'aprovació de l'estudi per part del Comitè d'Ètica de Blanquerna – Universitat Ramon Llull.
- 1.2. Full de registre per al Consentiment Informat.
- 1.3. Qüestionari previ d'inclusió/exclusió a l'estudi.
- 1.4. Full de registre per a la recollida de dades de cada esportista participant.
- 1.5. Full de registre per al control dels entrenaments de cada esportista participant.
- 1.6. Model d'una sessió d'entrenament tipus.

2. ESTUDI-2

- 2.1. Carta d'aprovació de l'estudi per part del Comitè d'Ètica de la Universitat Internacional de Catalunya.
- 2.2. Full de registre per al Consentiment Informat.
- 2.3. Full de registre per a la recollida de dades generals de cada esportista participant.
- 2.4. Full de registre per a la recollida dels resultats de les mesures realitzades a cada esportista participant.

- 2.5. Qüestionari VISA-p.
- 2.6. Fulls de registre mensual d'activitats per a cada equip esportiu participant del CG.
- 2.7. Fulls de registre mensual d'activitats per a cada equip esportiu participant del IG.
- 2.8. Model d'una sessió d'entrenament tipus.
- 2.9. Full de registre per a cada lesió experimentada per un esportista participant al llarg de l'estudi.

1. ESTUDI-1

**1.1.- Carta d'aprovació de l'estudi per part del Comitè d'Ètica de
Blanquerna – Universitat Ramon Llull.**





Escola Universitària
d'Infermeria i Fisioteràpia
Blanquerna

Dr. Màrius Duran i Hortolà
Director



Universitat Ramon Llull

Barcelona, 21 de julio de 2004

**A la atención del Sr. Gabriel Gual
Becari de Recerca del Laboratori de Biomec nica
de l'EUIF Blanquerna
Universitat Ramon LLull**

Señor,

Como Presidente del Comitè de Bio tica de l'Escola Universitària d'Infermeria i Fisioteràpia Blanquerna de la Universidad Ramon Llull le comunico que una vez celebrada la reunión del mencionado Comit  el pasado 11 de junio de 2004, y una vez introducidas las modificaciones en el proyecto indicadas por los miembros del Comit , se ha acordado informar favorablemente el estudio Entrenamiento muscular con sobrecarga exc ntrica para el tratamiento de de pacientes con tendinopat  rotuliana cr nica.

Atentamente

Dr. Màrius Duran i Hortol 
Presidente del Comit  de Bioética
de la EUIF Blanquerna

C. Padilla 326 - 332
08025 Barcelona
Tel. 93 253 30 74
Fax. 93 253 30 86
a/e: mariusdh@blanquerna.ur.es

1. ESTUDI-1

1.2.- Full de registre per al Consentiment Informat.





Consentimiento informado para la participación en el proyecto de investigación titulado:

“ENTRENAMIENTO MUSCULAR CON SOBRECARGA EXCÉNTRICA PARA EL TRATAMIENTO DE PACIENTES CON TENDINOPATÍA ROTULIANA CRÓNICA”

El abajo firmante D. _____, mayor de edad, actuando en nombre propio con DNI núm. _____ y domiciliado en _____ de _____ provincia de _____,

manifiesta haber recibido del *Laboratori de Biomecànica Blanquerna* la información que a continuación se detalla.

El estudio “ENTRENAMIENTO MUSCULAR CON SOBRECARGA EXCÉNTRICA PARA EL TRATAMIENTO DE PACIENTES CON TENDINOPATÍA ROTULIANA CRÓNICA”:

a) Tiene como objetivos principales:

1. Evaluar la eficacia un nuevo programa de tratamiento basado en un entrenamiento muscular con sobrecarga excéntrica durante un periodo de 6 semanas para tratar pacientes diagnosticados de tendinopatía rotuliana crónica.
2. Analizar comparativamente su efectividad frente al protocolo de tratamiento convencional.

b) Para lograr los objetivos propuestos se llevaran a cabo las siguientes actividades:

1. Una evaluación previa, una semana antes del inicio de la intervención terapéutica.
2. Una intervención terapéutica de seis semanas de duración.
3. Una evaluación posterior, en la semana siguiente al término de la intervención.
4. Una última evaluación, en la sexta semana tras finalizar la intervención terapéutica.

La evaluación* consta de:

▪ Una evaluación biomecánica en el Laboratorio que consiste en una exploración computerizada del aparato locomotor: cinemática, electromiográfica y plataforma de reacción de fuerzas. Durante la evaluación previa también se registrarán parámetros morfológicos (altura y peso).

▪ Un cuestionario de evaluación de la sintomatología y repercusión funcional en las actividades de la vida diaria y en la práctica deportiva. Dicho cuestionario se pasará durante las sesiones de evaluación y en la sexta semana tras haber finalizado el tratamiento.

* Todas las pruebas tanto de evaluación como de intervención terapéutica se llevaran a cabo en el *Laboratori de Biomecànica Blanquerna*.



La intervenció terapèutica* consisteix en:

- La realització d'un programa d'entrenament de força muscular (con accions excèntriques i concèntriques) de 6 setmanes, amb 2 sessions setmanals (dies alternos) de aproximadament 1 hora de duració.

Y declara:

He sigut informat sobre la possibilitat de sofrir impotència funcional i/o dolor muscular lleu després de la realització de les sessions d'avaluació o entrenament, i en particular de la possible sensació de dolor lleu de caràcter benigne que puc experimentar al inici del entrenament, com conseqüència de la adaptació muscular a la activitat amb càrrega excèntrica (D.O.M.S.: *Delayed Onset Muscular Soreness*, coloquialment anomenat "agujetas").

Han estat respostes totes les preguntes de forma satisfactoria i per tant dono el meu consentiment per participar en l'estudi.

Assí també, he sigut informat del dret a renunciar en qualsevol moment a continuar amb la realització del mateix.

Por otra parte, y en el marco del proyecto de investigación:

- **AUTORIZO** al *Laboratori de Biomecànica Blanquerna* a difondre la informació i les imatges que se deriven de aquestes proves sempre amb voluntat i interès sanitari, docent i científic, i _____ **EXIJO** que se salvaguardi la meua identitat i intimitat en tot moment.

- El *Laboratori de Biomecànica Blanquerna* conservarà tots els registres realitzats per mitjans mecànics, electrònics, magnètics, grabacions o per qualsevol mitjà que se realitzen a lo llarg d'aquestes proves, així com la informació que se derivi de ells, en els termes legalment previstos.

Barcelona, ____ de _____ de _____

Nombre de la persona interessada:

Nombre del informante:

Cargo: _____

Nº Col.: _____

Firma:

Firma:

* Totes les proves tant d'avaluació com d'intervenció terapèutica se faran a l'*Laboratori de Biomecànica Blanquerna*.

1. ESTUDI-1

1.3. Qüestionari previ d'inclusió/exclusió a l'estudi.





Qüestionari previ d'inclusió a l'estudi titulat:

“ENTRENAMENT MUSCULAR AMB SOBRECÀRREGA ECCÈNTRICA PEL TRACTAMENT DE PACIENTS AMB TENDINOPATIA ROTULIANA CRÒNICA”

Data d'avaluació:		Grup d'estudi:	CG / TG
Nom del pacient:			
Telèfon(s) de contacte:			
Criteris d'inclusió			
<i>Preguntes</i>	<i>Respostes</i>	<i>Valors d'inclusió</i>	
Diagnòstic: Tendinopatia rotuliana crònica	EEII-D: EEII-I:	Especificar l'extremitat afectada (uni- o bi-lateral) i el temps d'evolució de la lesió (setmanes/mesos).	
Edat		18-35 anys	
Esport		Futbol (també es valoren altres esports)	
Físicament actiu		Entrenament i/o competició esportiva 3 dies/setmana.	
Antecedents traumàtics		Sense lesions de lligaments, meniscs, cartílag o òssies en el genoll.*	
Antecedents quirúrgics		Sense haver rebut cap intervenció quirúrgica en el genoll.*	
Tractament rebut		Sense haver rebut cap tractament invasiu i/o ortopèdic per a la tendinopatia rotuliana.*	
Estat de salut		Sense patologies cardíaques, respiratòries, neuro-musculars o reumàtiques.	
Resultat VISA	EEII-D: EEII-I:	61-100 punts	

* En cas afirmatiu es debatrà la compatibilitat de les possibles seqüeles de la lesió o tractament amb la realització de l'estudi.

1



GENOLL D

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 100 minutos

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

Dolor muy intenso Sin dolor

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

Dolor muy intenso Sin dolor

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

Dolor muy intenso Sin dolor

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

Dolor muy intenso Sin dolor

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

Dolor muy intenso Sin dolor

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
4 Entrenamiento modificado « competición modificada
7 Entrenamiento completo « competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado Q8a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado Q8b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado Q8c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 7 14 21 30

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 4 10 14 21

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 2 5 7 10

PUNTUACIÓN VISA TOTAL

GENOLL E

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 100 minutos

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

Dolor muy intenso Sin dolor

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

Dolor muy intenso Sin dolor

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

Dolor muy intenso Sin dolor

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

Dolor muy intenso Sin dolor

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

Dolor muy intenso Sin dolor

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
4 Entrenamiento modificado « competición modificada
7 Entrenamiento completo « competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado Q8a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado Q8b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado Q8c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 7 14 21 30

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 4 10 14 21

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 2 5 7 10

PUNTUACIÓN VISA TOTAL

COMENTARIS:

1. ESTUDI-1

1.4. Full de registre per a la recollida de dades de cada esportista participant.



FULL DE REGISTRE

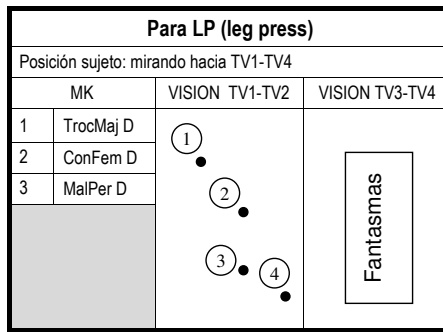
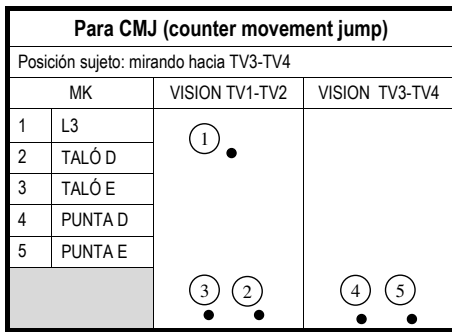
PROYECTO: YOYO

DADES PERSONALS	MESURES ANTROPOMÈTRIQUES
-----------------	--------------------------

Nom i Cognoms:	Edat (anys)
Telèfon de contacte:	Alçada (cm):
Data naixement:	Pes (kp):
Sexe:	TENDINOPATIA ROTULIANA CRÒNICA
Grup al que pertany: (TG/CG)	TIPUS D'AFECTACIÓ (uni/bilateral):
Data adquisició:	TEMPS D'EVOLUCIÓ (stm/mesos):
Codi pacient NORAXON (YY_Pxpp_ss): YY_Px 01 / 02	EEII-D
Codi pacient ELITE (YYppss): YY 01 / 02	EEII-E

ELITE MOTION ANALYSER	
Nº TV cameras:	4
TV sampling rate:	100 Hz
Mk on TV1/TV2:	3(CMJ) / 4(LP)
Mk on TV3/TV4:	2(CMJ)/ mínim 1 fantasma (LP)

AMTI PLATFORM	
Sampling Rate:	ANUL·LADA FALLIDA EQUIP
Dir:	
Range (F-M):	
Foot:	
Bridge excitation:	



NORAXON EMG

Frequency:	1000 Hz	Setup:	Internal trigger *
Sweep speed:	100	Trigger channel:	13
Mode:	Regular	Start trigger level:	20 μ V
Load settings:	Yoyo	Rise-Start; Fall-Stop	

CHANNEL				
	TYPE	AMPL	NOM	UBICACIÓ
1	e	1000	ES-R	BP - Lleu inclinació anterior de tronc recolzant-se amb les mans a la camilla, crestes il·líaqües (L3), ventre muscular a 2 cm lateralment des de l'apòfisis espinosa.
2	e	1000	RF-R	DS - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig de la base de la ròtula.
3	e	1000	BF-R	DP - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig del cap del peroné.
4	e	1000	MG-R	DP - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig del maleol tibial.
5	e	1000	ES-L	BP - Lleu inclinació anterior de tronc recolzant-se amb les mans a la camilla, crestes il·líaqües (L3), ventre muscular a 2 cm lateralment des de d'apòfisis espinosa.
6	e	1000	RF-L	DS - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig de la base de la ròtula.
7	e	1000	BF-L	DP - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig del cap del peroné.
8	e	1000	MG-L	DP - Ventre muscular a ____ cm des del punt mig del maleol tibial.
13	e	1000	SINCRO*	
Elèctrode de Referència			1/3 antero-superior espina de la tíbia.	

Resultat V.A.S. – EEII DRETA

V.A.S.	No Dolor		Màx. Dolor	Total=
--------	----------	--	------------	--------

Resultat V.A.S. – EEII ESQUERRA

V.A.S.	No Dolor		Màx. Dolor	Total=
--------	----------	--	------------	--------

EEII DRETA

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 100 minutos

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

Dolor muy intenso Sin dolor

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

Dolor muy intenso Sin dolor

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

Dolor muy intenso Sin dolor

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

Dolor muy intenso Sin dolor

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

Dolor muy intenso Sin dolor

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
 4 Entrenamiento modificado = competición modificada
 7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
 10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 7 14 21 30

0

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 4 10 14 21

0

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 2 5 7 10

Puntuación VISA TOTAL

EEII ESQUERRA

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 100 minutos

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

Dolor muy intenso Sin dolor

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

Dolor muy intenso Sin dolor

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

Dolor muy intenso Sin dolor

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

Dolor muy intenso Sin dolor

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

Dolor muy intenso Sin dolor

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
 4 Entrenamiento modificado = competición modificada
 7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
 10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 7 14 21 30

0

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 4 10 14 21

0

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos

0 2 5 7 10

Puntuación VISA TOTAL

Resultat V.I.S.A.. – EEII DRETA

V.I.S.A. (0-100 punts)	Preguntes 1 - 6	
	Preguntes 7 - 8	
	Total=	

Resultat V.I.S.A.. – EEII ESQUERRA

V.I.S.A. (0-100 punts)	Preguntes 1 - 6	
	Preguntes 7 - 8	
	Total=	

RESISTROS							
NORAXON (YYSp)	ELITE (YYpp01)	ACCIÓ				OBSERVACIONS	
		Duració (s)	Posició pacient	Acció	Comentaris		
00R		5	DS	ACTIVITAT DE REPÒS	Relaxat, EESS als costats sobre la camilla		
01R		5	DP	MVC ES- Bilateral	EESS creuades al pit, tronc fora camilla, aplicar resistència manual a nivell dorsal mig		
02R		5	DP	MVC BF-R	Genoll 20° flexió, aplicar resistència manual a 1/3 distal tibia		
03R		5	DP	MVC BF-L	Idem anterior		
04R		5	DS	MVC MG-R	EESS creuades al pit, turmell posició neutre, aplicar resistència manual 1/3 distal planta		
05R		5	DS	MVC MG-L	Idem anterior		
06R		5	SD	MVC RF-R	EESS creuades al pit, genoll 90° extensió, aplicar resistència manual a 1/3 distal tibia		
07R		5	SD	MVC RF-L	Idem anterior		
08R		20	Mirant TV1-4	EQUILIBRI POSTURAL EEII dreta	Recolz. monopodal, desbloq. genoll (10-20° aprox.), braços al costat del tronc i ulls tancats. Temps de repòs entre reps.= 1 min.		
09R							
10R							
11R				EQUILIBRI POSTURAL EEII esquerra		Recolz. monopodal, desbloq. genoll (10-20° aprox.), braços al costat del tronc i ulls tancats. Temps de repòs entre reps.= 1 min.	
12R							
13R							
14R	00	5	Mirant TV3-4	CMJ	BP, mans a nivell crestes il·liaques		
15R	01						
16R	02						
17R	03	X	Mirant TV1-4	YOYO	SD a la yoyo, mans a les nanses de fixació. Volum de treball = (1 disc) 5 rep: 2 suaus + 3 màximes. Allargada de la plataforma yoyo en funció del N° de forats visibles = _____		
DADES MuscleLab - "galga" de força - nom de l'arxiu: buscar pel nom de l'individu i la data d'adquisició							

Resultat V.A.S. – EEII DRETA

V.A.S. No Dolor

Màx. Dolor

Total=

Resultat V.A.S. – EEII ESQUERRA

V.A.S. No Dolor

Màx. Dolor

Total=

EEII DRETA

EEII ESQUERRA

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 100 minutos

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

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

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

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

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

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

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

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

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

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

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
 4 Entrenamiento modificado = competición modificada
 7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
 10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 7 6-10 minutos 14 11-15 minutos 21 > 15 minutos 30

0

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 4 6-10 minutos 10 11-15 minutos 14 > 15 minutos 21

0

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 2 6-10 minutos 5 11-15 minutos 7 > 15 minutos 10

Puntuación VISA TOTAL

1. ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?

0 minutos 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 100 minutos

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

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

3. ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?

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

4. ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?

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

5. ¿Tiene dificultades para acucillarse?

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

6. ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?

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

7. ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?

0 Ninguno
 4 Entrenamiento modificado = competición modificada
 7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
 10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas

8. Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta

- Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
- Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
- Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c

8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 7 6-10 minutos 14 11-15 minutos 21 > 15 minutos 30

0

8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 4 6-10 minutos 10 11-15 minutos 14 > 15 minutos 21

0

8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?

Nada 0 0-5 minutos 2 6-10 minutos 5 11-15 minutos 7 > 15 minutos 10

Puntuación VISA TOTAL

Resultat V.I.S.A.. – EEII DRETA

V.I.S.A. (0-100 punts)

Preguntes 1 - 6	
Preguntes 7 - 8	
Total=	

Resultat V.I.S.A.. – EEII ESQUERRA

V.I.S.A. (0-100 punts)

Preguntes 1 - 6	
Preguntes 7 - 8	
Total=	

RESISTROS		Pes actual del pacient:				
NORAXON (YYSp)	ELITE (YYpp02)	ACCIÓ				OBSERVACIONS
		Duració (s)	Posició pacient	Acció	Comentaris	
00R		5	DS	ACTIVITAT DE REPÒS	Relaxat, EESS als costats sobre la camilla	
01R		5	DP	MVC ES-Bilateral	EESS creuades al pit, tronc fora camilla, aplicar resistència manual a nivell dorsal mig	
02R		5	DP	MVC BF-R	Genoll 20° flexió, aplicar resistència manual a 1/3 distal tibia	
03R		5	DP	MVC BF-L	Idem anterior	
04R		5	DS	MVC MG-R	EESS creuades al pit, turmell posició neutre, aplicar resistència manual 1/3 distal planta	
05R		5	DS	MVC MG-L	Idem anterior	
06R		5	SD	MVC RF-R	EESS creuades al pit, genoll 90° extensió, aplicar resistència manual a 1/3 distal tibia	
07R		5	SD	MVC RF-L	Idem anterior	
08R		20	Mirant TV1-4	EQUILIBRI POSTURAL	Recolz. monopodal, desbloq. genoll (10-20° aprox.), braços al costat del tronc i ulls tancats. Temps de repòs entre reps.= 1 min.	
09R	EEII dreta					
10R						
11R	EQUILIBRI POSTURAL			Recolz. monopodal, desbloq. genoll (10-20° aprox.), braços al costat del tronc i ulls tancats. Temps de repòs entre reps.= 1 min.		
12R	EEII esquerra					
13R						
14R	00	5	Mirant TV3-4		CMJ	BP, mans a nivell crestes il·liaques
15R	01					
16R	02					
17R	03	X	Mirant TV1-4	YOYO	SD a la yoyo, mans a les nanses de fixació. Volum de treball = (1 disc) 5 rep: 2 suaus + 3 màximes. Allargada de la plataforma yoyo en funció del N° de forats visibles = _____	
DADES MuscleLab - "galga" de força - nom de l'arxiu: buscar pel nom de l'individu i la data d'adquisició						

Resultat V.A.S. – EEII DRETA

V.A.S.	No Dolor		Màx. Dolor	Total=
--------	----------	--	------------	--------

Resultat V.A.S. – EEII ESQUERRA

V.A.S.	No Dolor		Màx. Dolor	Total=
--------	----------	--	------------	--------

EEII DRETA

- ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?
0 minutos 100 minutos
- ¿Le duele al bajar escaleras con un paso normal?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Tiene dificultades para acucillarse?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?
0 Ninguno
4 Entrenamiento modificado = competición modificada
7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas
- Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta
• Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
• Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
• Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c
- 8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 7 14 21 30
- 8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 4 10 14 21
- 8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 2 5 7 10

Puntuación VISA TOTAL

EEII ESQUERRA

- ¿Cuántos minutos puede permanecer sentado sin dolor?
0 minutos 100 minutos
- ¿Le duele al bajar escaleras con un paso normal?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele en la parte delantera de la rodilla al extenderla activamente en descarga?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele al realizar una tijerilla completa en carga?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Tiene dificultades para acucillarse?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Le duele durante o inmediatamente después de saltar 10 veces sobre una pierna?
Dolor muy intenso Sin dolor
- ¿Practica actualmente algún deporte o actividad física?
0 Ninguno
4 Entrenamiento modificado = competición modificada
7 Entrenamiento completo = competición pero no al mismo nivel que cuando empezaron los síntomas
10 Compite a un nivel igual o superior a cuando empezaron los síntomas
- Conteste los apartados A, B o C de esta pregunta
• Si **no tiene dolor** durante el deporte, conteste únicamente el apartado 08a
• Si **tiene dolor** durante el deporte pero no le impide continuar la actividad, conteste únicamente el apartado 08b
• Si **tiene dolor** que le impide continuar su actividad deportiva, conteste únicamente el apartado 08c
- 8a. Si no tiene dolor mientras hace deporte, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 7 14 21 30
- 8b. Si tiene dolor mientras hace deporte pero no le impide seguir entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 4 10 14 21
- 8c. Si tiene dolor que le impide continuar entrenando o practicando, ¿durante cuánto tiempo puede entrenar o practicar?
Nada 0-5 minutos 6-10 minutos 11-15 minutos > 15 minutos
 0 2 5 7 10

Puntuación VISA TOTAL

Resultat V.I.S.A.. – EEII DRETA

V.I.S.A. (0-100 punts)	Preguntes 1 - 6	
	Preguntes 7 - 8	
	Total=	

Resultat V.I.S.A.. – EEII ESQUERRA

V.I.S.A. (0-100 punts)	Preguntes 1 - 6	
	Preguntes 7 - 8	
	Total=	

1. ESTUDI-1

1.5. Full de registre per al control dels entrenaments de cada esportista participant.





FULL DE CONTROL – SESSIONS D'ENTRENAMENT (TG)

Projecte: YoYo _____ Participant nº: _____

Nom del participant: _____

Freqüència Cardíaca Màxima (FCMàx.= 220 - edat) = _____ ppm

75% F.C. Màx.= _____ ppm (*escalfament*)

65% F.C. Màx.= _____ ppm (*refredament*)

SESSIÓ Nº	DATA	DISCS	CONTROL SIMPTOMES	INCIDÈNCIES ENTRENAMENT
1				Escalfament: YoYo: Nº FORATS VISIBLES: _____ Refredament:
2				Escalfament: YoYo: Refredament:
3				Escalfament: YoYo: Refredament:
4				Escalfament: YoYo: Refredament:
5				Escalfament: YoYo: Refredament:

*Preparar: pulsòmetre, aigua, tovalloles, gel.

1



6				Escalfament: YoYo: Refredament:
7				Escalfament: YoYo: Refredament:
8				Escalfament: YoYo: Refredament:
9				Escalfament: YoYo: Refredament:
10				Escalfament: YoYo: Refredament:
11				Escalfament: YoYo: Refredament:
12				Escalfament: YoYo: Refredament:

*Preparar: pulsòmetre, aigua, tovalloles, gel.

2

1. ESTUDI-1

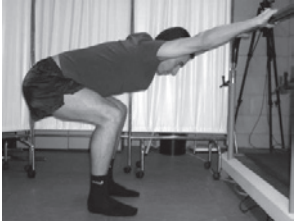
1.6. Model d'una sessió d'entrenament tipus.



TG - MODEL TIPUS D'UNA SESSIÓ D'ENTRENAMENT		
FASE	ACCIÓ	DURACIÓ
Escalfament	1. Estirament passius en tensió progressiva de <u>10 segons</u> de duració per cada múscul: paravertebrals, quàdriceps, gastrocnemis, adductors, psoes-íliac i recta anterior, isquiosurals i gastrocnemis, pelvitrocanteris, isquiosurals i gluti major. (*)	10 min.
	2. Carrera contínua (tapis rodant) de <u>10 minuts</u> de duració: escalfament a intensitat progressiva (4 min.), carrera al 75% FC-Màx. (5 min.) i refredament (1 min.)	10 min.
	3. Estiraments en tensió activa amb treball ECC i una duració de <u>6 segons</u> per cada múscul: quàdriceps i isquiotibials.	2 min.
Part Principal	Treball amb la premsa de cames FWE: <u>4 sèries de 10 repeticions</u> (les 2 primeres lentes i les 8 restants al màxim esforç) amb un repòs de 2 min. entre cada una i després de la última. Rang de moviment de 0° (màx.) – 90° (mín.) de flexió de genoll.	12 min.
Refredament	1. Carrera contínua (tapis rodant) de <u>6 minuts</u> de duració treballant al 65% FC-Màx.	6 min.
	2. Estirament passius en tensió progressiva de <u>20 segons</u> de duració per cada múscul: paravertebrals, quàdriceps, gastrocnemis, adductors, psoes-íliac i recta anterior, isquiosurals i gastrocnemis, pelvitrocanteris, isquiosurals i gluti major. (*)	10 min.
Duració total de la sessió:		50 min. aprox.

*** MODEL D'ESTIRAMENTS PASSIUS**

1- PARAVERTEBRALS



2- QUÀDRICEPS



3- GASTROCNEMIS



4- ADDUCTORS



5- PSOES-ILÍAC I RECTA ANTERIOR



6- ISQUIOSURALS I GASTROCNEMIS



7- PELVITROCANTERIS



8- ISQUIOSURALS I GLUTI MAJOR



2. ESTUDI-2

2.1. Carta d'aprovació de l'estudi per part del Comitè d'Ètica de la Universitat Internacional de Catalunya.



CARTA APROVACIÓ PROJECTE PEL CER

Número de l'estudi:

Versió del protocol:1.1

Data de la versió: 26/09/2011

Títol: "Entrenament inercial amb sobrecàrrega excèntrica: efectes en la prevenció de la tendinopatia rotuliana en esports de salt"

Sant Cugat del Vallès, 30 de setembre de 2011

Investigador: Gabriel Gual Crespi

Títol de l'estudi: "Entrenament inercial amb sobrecàrrega excèntrica: efectes en la prevenció de la tendinopatia rotuliana en esports de salt"

Benvolgut(da),

Valorat el projecte presentat, el CER de la Universitat Internacional de Catalunya, considera que, des del punt de vista ètic, reuneix els criteris exigits per aquesta institució i, per tant, ha

RESOLT FAVORABLEMENT

emetre aquest CERTIFICAT D'APROVACIÓ per part del Comitè d'Ètica de la Recerca, per que pugui ser presentat a les instàncies que així ho requereixin.

Em permeto recordar-li que si en el procés d'execució es produís algun canvi significatiu en els seus plantejaments, hauria de ser sotmès novament a la revisió i aprovació del CER.

Atentament,



Dr. Josep Argemí
President CER-UIC

2. ESTUDI-2

2.2. Full de registre per al Consentiment Informat.



**CONSENTIMIENTO INFORMADO para la participación en el estudio de investigación
titulado: ENTRENAMIENTO INERCIAL CON SOBRECARGA EXCÉNTRICA: EFECTOS EN
LA PREVENCIÓN DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN DEPORTES DE SALTO**

El abajo firmante D. _____, con fecha de nacimiento
_____, mayor de edad (*), actuando en nombre propio con DNI núm.
_____ y domiciliado en _____ de
_____ provincia de _____,

(*) En el caso de ser menor de edad, su Madre / Padre o Tutor-Legal
D. _____ con DNI núm. _____ y domiciliado
en _____ de _____ provincia de
_____ ,

manifiesta haber recibido por parte de los investigadores: Sr. Gabriel Gual o Dra.
Azahara Fort , **la información que a continuación se detalla.**

El estudio "ENTRENAMIENTO INERCIAL CON SOBRECARGA EXCÉNTRICA: EFECTOS EN
LA PREVENCIÓN DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN DEPORTES DE SALTO":

a) Tiene como objetivos principales:

1. **Evaluar** la eficacia de un programa de entrenamiento muscular con sobrecarga excéntrica en la prevención de la tendinopatía rotuliana en deportistas de basketbol y voleibol, durante la temporada competitiva 2011-12.
2. **Analizar** comparativamente su efectividad frente al entrenamiento deportivo habitual que no incluya la implementación del citado programa.
3. **Proponer** un programa de prevención para la tendinopatía rotuliana para la siguiente temporada deportiva, basada en los resultados obtenidos al finalizar el estudio.

b) Para lograr los objetivos propuestos se llevarán a cabo las siguientes actividades:

1. Una **evaluación previa** realizada antes del inicio de la competición deportiva de cada uno de los componentes de los equipos que forman la muestra.
2. Una **intervención semanal**, comprendida por una sesión de trabajo con sobrecarga excéntrica, durante toda la temporada de competición. Esta intervención se haría sólo en el caso de haber sido aleatoriamente seleccionado para formar parte –junto con el resto de componentes de su equipo deportivo- del 'grupo intervención' del estudio.

3. Una **evaluación intermedia**, durante el período central del calendario competitivo.
4. Una **evaluación final**, una vez finalizada la competición deportiva.
5. **Análisis de los datos** a través de un tratamiento estadístico de los mismos.
6. **Elaboración de las conclusiones** a cerca de los resultados.
7. Realizar una **propuesta de prevención** de la tendinopatía rotuliana basada en el análisis de los resultados del estudio.

Las **evaluaciones** serán realizadas en las instalaciones propias de cada equipo deportivo y constará de:

- Los registros referentes al sexo del individuo y sus parámetros morfológicos (altura y peso).
- Un cuestionario de evaluación científicamente validado para la tendinopatía rotuliana (VISA-p).
- Un registro de las lesiones deportivas que pueda llegar a sufrir a nivel del tendón rotuliano (medida principal) y de las extremidades inferiores, desde el inicio del estudio hasta su finalización una vez concluida la temporada competitiva.
- La valoración del rendimiento físico obtenido en las pruebas de fuerza muscular diseñadas para evaluar la funcionalidad del tendón rotuliano y la fuerza de las extremidades inferiores.

La **intervención** a través del entrenamiento con sobrecarga excéntrica, para aquellos equipos que formen parte del 'grupo intervención', consistirá en:

- La realización de un programa de entrenamiento de 1 sesión semanal de aproximadamente 10 minutos de duración para cada participante durante la temporada de competición deportiva. En la sesión de entrenamiento se llevará a cabo un trabajo muscular con sobrecarga durante la fase excéntrica de la acción muscular.

En el caso de los equipos deportivos que hayan sido aleatoriamente seleccionados para participar en el estudio en calidad de 'grupo control', éstos recibirán el mismo trato que el 'grupo intervención' con excepción del entrenamiento semanal con sobrecarga excéntrica.

y declara:

He sido informado de los detalles referentes a mi participación en el estudio, tanto si fuera en calidad de participante del 'grupo intervención' así como del 'grupo control'.

Han sido respuestas todas mis preguntas de forma satisfactoria y, por tanto, doy mi consentimiento para participar en el estudio.



He sido informado del derecho a renunciar en cualquier momento a continuar con la realización del estudio.

Por otra parte, y en el marco del proyecto de investigación:

- **AUTORIZO** al investigador principal del estudio: Sr. Gabriel Gual Crespí, a difundir la información e imágenes que se deriven de estas pruebas siempre con voluntad e interés sanitario, docente y/o científico, y **EXIJO** que se salvguarde mi identidad e intimidad en todo momento.
- El investigador principal, en calidad de Doctorando por la **UNIVERSITAT INTERNACIONAL DE CATALUNYA** y con el interés de llevar a cabo el estudio de investigación hasta su finalización, conservará todos los registros realizados por medios mecánicos, electrónicos, magnéticos, grabaciones o por cualquier medio que se realicen a lo largo de estas pruebas, así como la información que se derive de los mismos, en los términos legalmente previstos.

Barcelona, ____ de _____ del _____

Nombre del INTERESADO:

Nombre del INFORMANTE:

Firma:

Firma:

Madre/Padre/Tutor:

Firma:

2. ESTUDI-2

2.3. Full de registre per a la recollida de dades generals de cada esportista participant.



DATOS DEL DEPORTISTA

Estudio: ENTRENAMIENTO INERCIAL CON SOBRECARGA EXCÉNTRICA: EFECTOS EN LA
PREVENCIÓN DE LA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN DEPORTES DE SALTO

Fecha de registro: _____

Nombre y apellidos: _____

DNI: _____

Sexo: _____

Fecha de nacimiento: _____

Edad: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____

Deporte: _____

Nombre del equipo deportivo: _____

Posición de juego: _____

Altura: _____

Peso: _____

Antecedentes de lesiones a nivel de las piernas y/o espalda, indicando la fecha aproximada:

Cuestionario de valoración VISA-p: rellenar el cuestionario referente al estado actual del tendón rotuliano de ambas rodillas → 1º Derecha y 2º Izquierda

2. ESTUDI-2

2.4. Full de registre per a la recollida dels resultats de les mesures realitzades a cada esportista participant.



DADES-AVALUACIÓ-ESPORTISTA

NOM-COGNOMS
CODI-ESTUDI
DNI
SEXE
DATA-NAIXEMENT
EDAT
ESPORT
EQUIP
POSICIÓ-JOC
TELÈFON
E-MAIL
ANTECEDENTS
DOMINANCIA-EEII

VARIABLES-ESTUDI	INICIAL	INTERMITJA	FINAL
------------------	---------	------------	-------

DATA

ALÇADA - cm

PES - kg

VISA-P

D-1
D-2
D-3
D-4
D-5
D-6
D-7
D-8
D-total
E-1
E-2
E-3
E-4
E-5
E-6
E-7
E-8
E-total

CHRONOJUMP-CMJ

Bil-1
Bil-2
Bil-3
cmj-bil-mean
D-1
E-1
D-2
E-2
D-3

E-3
cmj-d-mean
cmj-e-mean

SMARTCOACH-YoYo

Test nº 1

mean con 1 sc
mean con 2 sc
mean con 3 sc
mean mean con sc
mean ecc 1 sc
mean ecc 2 sc
mean ecc 3 sc
mean mean ecc sc
max con 1 sc
max con 2 sc
max con 3 sc
max mean con sc
max ecc 1 sc
max ecc 2 sc
max ecc3 sc
max mean ecc sc
mean mean-con+mean-ecc test-1

Test nº 2

mean con 1 sc
mean con 2 sc
mean con 3 sc
mean mean con sc
mean ecc 1 sc
mean ecc 2 sc
mean ecc 3 sc
mean mean ecc sc
max con 1 sc
max con 2 sc
max con 3 sc
max mean con sc
max ecc 1 sc
max ecc 2 sc
max ecc3 sc
max mean ecc sc
mean mean-con+mean-ecc test-2

ESPORT

Num-Total-YoYo-Temp
Num-Total-Entros-Temp
Num-Total-Partits-Temp

LESIONS

Num-Total-Lesions-Temp
Num-Total-Dies-Out-Lesió-Temp

2. ESTUDI-2

2.5. Qüestionari VISA-p



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:

2. ESTUDI-2

2.6. Fulls de registre mensual d'activitats per a cada equip esportiu participant del CG.



2. ESTUDI-2

2.7. Fulls de registre mensual d'activitats per a cada equip esportiu participant del IG.



2. ESTUDI-2

2.8. Model d'una sessió d'entrenament tipus.



Protocol Entrenament YoYo-Squat

(Document Intern - Membres Equip Estudi)

Descripció de l'entrenament

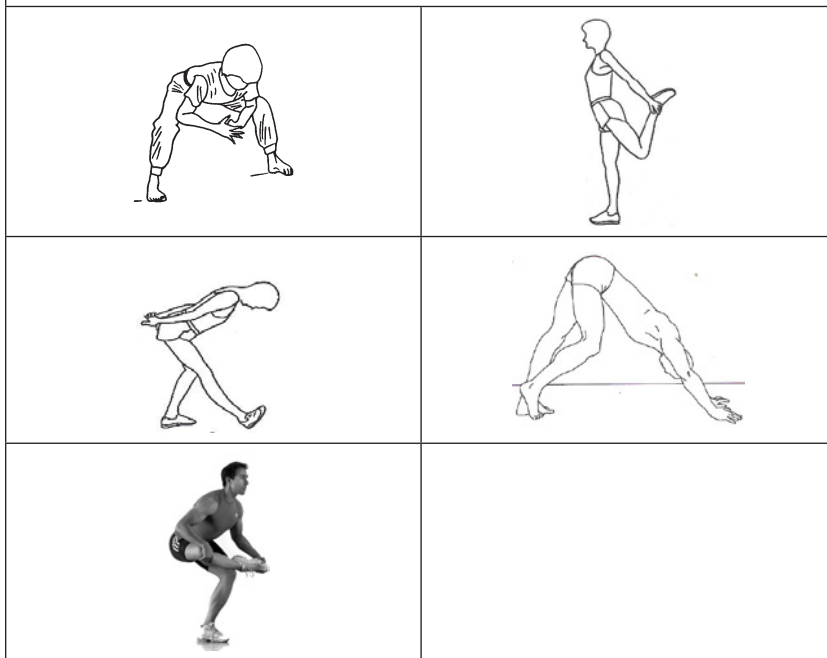
La intervenció consta d'una sessió setmanal, la qual es portarà a terme conjuntament amb una de les dues primeres sessions (i.e. dilluns o dimarts) d'entrenament específic per a cadascun dels esports, realitzada en les pròpies instal·lacions esportives de cada equip. Aquesta part de treball per al tendó rotulià serà proporcionat a través de la sobrecàrrega excèntrica de quàdriceps obtinguda a través d'exercitar-se amb el dispositiu YoYo-Squat. Abans d'iniciar l'entrenament es realitzarà un escalfament que consisteix en la carrera continua durant 4 minuts seguida d'exercicis d'estiraments musculars en tensió activa per als principals músculs de les EEI. A la taula es detallen de forma esquemàtica cadascuna de les parts de la sessió. Durant l'entrenament es realitzaran 4 sèries de 10 repeticions, on la primera sèrie s'utilitzarà com a escalfament específic. El volum de treball indicat està basat en la metodologia seguida en altres estudis que han utilitzat la resistència inercial dels equips YoYo per al tractament (Romero-Rodríguez et al., 2011) i la prevenció (Askling et al., 2003) de lesions. Aquesta tecnologia i en concret la YoYo-Squat, permet realitzar l'exercici comunament anomenat 'sentadeta' o 'squat' de forma resistida a través de la tecnologia inercial (*flywheel*). L'execució de les 2 primeres repeticions de cada sèrie serviran per tal d'accelerar la roda inercial i les 8 següents seran realitzades a màxima intensitat d'esforç. Cadascuna de les repeticions comptarà amb el treball durant la fase concèntrica de l'acció muscular seguida de l'excèntrica. Els esportistes seran instruïts en l'execució de l'exercici sense superar els 90° de flexió de genoll. Serà important concentrar l'esforç de frenada en el darrer 1/3 de la fase excèntrica. Un cop arribat a aquest punt, l'esportista haurà d'esforçar-se per canviar el sentit del

moviment i poder tornar a ascendir a través de la fase concèntrica de l'acció muscular, incidint així en el cicle-estirament-escurçament (SSC). Entre les sèries de treball hi haurà un temps de recuperació de 1 minut (en realitat, quan ens vinguin per parella, equivaldrà, aproximadament, al temps que necessiti l'altre esportista per a poder completar 1 sèrie).

La intervenció tindrà una durada estimada d'uns 10 minuts i acabarà amb una fase de recuperació de l'esforç realitzat a través d'un treball de carrera, el qual permetrà a l'esportista poder prosseguir amb l'entrenament específic amb el seu equip. Per tal d'exercir un control sobre el compliment de l'entrenament, cada equip disposarà d'un document per al control de les sessions d'entrenament que serà revisat mensualment (*Registro-Mensual-Actividades-GI*). Un cop actualitzat l'arxiu Word (emmagatzemat al Dropbox), on també hi consta el nombre d'entrenaments realitzats a la setmana i la participació en la competició, caldrà actualitzar la data que dona nom al mateix (data-B/V/M/F-nom-equip).

Model de la sessió d'entrenament:	
Escalfament	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carrera continua durant 4 minuts. ▪ Estiraments musculars en tensió activa durant 6 segons per als: adductors, isquiosurals, tríceps sural, quàdriceps, glutis. (*)
Entrenament (10min)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ YoYo-Squat: 4 sèries de 10 repeticions (de la 3-10 amb màxim esforç), amb 1 minut de recuperació entre sèries. (**)
Recuperació	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Carrera continua durant 4 minuts.

(*) Estiraments en tensió activa:



(**) Vídeo YoYo-Squat-Biel (fitxer adjunt): vigileu en que les 2 primeres repeticions del vídeo no compten com a bones.

Observacions

- Serà important que vigileu la col·locació de l'esportista: el punt mig dels peus (aprox. arc plantar intern) han de quedar a l'alçada del punt mig de la cinta negra que s'envolta amb l'eix de la YoYo, d'aquesta manera es redueix el risc de que la cinta es doblegui sobre si mateixa i s'acabi bloquejant a nivell de la politja que es lliga a l'arnés.

- Feu servir la fusta en tots els entrenaments en que us doni temps a muntar-la –és molt recomanable–.
- Vigileu al transportar la YoYo a través de les rodes del darrera, ja que les vibracions provocades pel terreny irregular (superfície no llisa, rajoles amb relleus...) poden trencar amb el temps la soldadura de les potes del darrera (les de la part de les rodes) – de fet ja tenim una màquina a reparar per aquest mateix motiu–.
- Quan guardeu la YoYo heu de collar el mosquetó de la YoYo a nivell de la nansa grossa que hi ha a la part contraria d'allà on surt la corda de la mateixa YoYo, d'aquesta manera la cinta queda guardada en línia recta. Si teniu dubtes em truqueu al telèfon XXXXXXXXX. També estaria bé que tinguéssiu una cinta i una clau “allen” per a poder canviar-la en cas de que es fes malbé (no és difícil, quan coincidim us dono la cinta i la clau i us ho ensenyo en un moment).
- Recordeu revisar totes les dades de l'equip que us toqui visitar cada setmana, empleneu les dades de la mateixa setmana i, en cas necessari, també les que faltin de la setmana anterior.

2. ESTUDI-2

2.9. Full de registre per a cada lesió experimentada per un esportista participant al llarg de l'estudi.



REGISTRO DE LESIONES

DATOS DEL/LA DEPORTISTA

Equipo deportivo:

Nombre y Apellidos:

Teléfono:

E-mail:

DESCRIPCIÓN DE LA LESIÓN

Fecha:

Región afectada:

Actividad que realizaba en el momento de la lesión:

Diagnóstico médico:

Tratamiento médico prescrito:

Fecha de alta médica:

Evaluación fisioterapéutica:

Tratamiento fisioterapéutico:

Fecha de alta fisioterapéutica:

Número de días sin entrenar debido a la lesión:

Número de partidos no disputados debido a la lesión:

OBSERVACIONES

**TENDINOPATIA ROTULIANA
CRÒNICA EN ESPORTISTES:**

EFFECTES DE L'ENTRENAMENT DE LA FORÇA
AMB SOBRECÀRREGA EXCÈNTRICA