

TREBALL DE FINAL DE GRAU

Efectes d'un programa d'entrenament amb
sobrecàrrega excèntrica (*Heavy Slow Resistance
training*) en la prevenció de la tendinopatia rotuliana
en tennistes juniors



Facultat de Psicologia,
Ciències de l'Educació
i de l'Esport

Jordi Dalmau Baraza¹

¹ Estudiant de 4rt de Ciències de l'activitat física i l'esport, FPCEE (Blanquerna, Ramon Llull).

Tutora: Dra. Azahara Fort Van-Meerhaeghe

Barcelona, 12 de maig del 2020

ÍNDEX

1. MARC TEÒRIC	
1.1. Introducció.....	6
1.2. Epidemiologia del tennis	
1.2.1. Genoll i Tendó.....	6
1.3. Tendinopatia rotuliana	
1.3.1. Fisiopatologia	9
1.3.2. Etiologia	
1.3.2.1. Mecanisme lesiu.....	10
1.3.2.2. Factors de risc.....	10
1.4. Efectes de l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica	
1.4.1. Efectes en el rendiment.....	12
1.4.2. Efectes en la prevenció i el tractament de la tendinopatia	12
1.5. Mètodes d'entrenament per crear sobrecàrrega excèntrica	
1.5.1. Squat excèntric declinat.....	14
1.5.2. Resistència inercial.....	15
1.5.3. <i>Heavy slow resistance training (HSR)</i>	16
2. MÈTODE	
2.1. Objectius.....	17
2.2. Hipòtesis.....	17
2.3. Disseny.....	18
2.4. Mostra.....	19
2.5. Procediment.....	20
2.6. Intervenció.....	24
2.7. Anàlisis de dades.....	26
3. RESULTATS	27
4. DISCUSSIÓ	31
5. CONCLUSIONS	34
6. BIBLIOGRAFIA	35
7. ANNEXES	
7.1. Consentiment Informat	41

TÍTOL

Efectes d'un programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy Slow Resistance training*) en la prevenció de la tendinopatia rotuliana en tennistes juniors.

RESUM

Els tennistes professionals i juniors presenten una elevada incidència lesiva del genoll d'origen tendinós. En conseqüència, l'objectiu del present estudi és analitzar els efectes d'un programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*) en la prevenció de la tendinopatia rotuliana (TR) en tennistes juniors. 11 tennistes juniors (4 nois i 7 noies) s'han separat randomitzadament en grup control (GC) i grup intervenció (GI). Tot i que el GI i el GC segueixen la rutina d'entrenaments de la temporada durant 12 setmanes, el GI, a més, va realitzar 3 sessions a la setmana de 3 exercicis de 4 sèries amb una progressió de 15RM a 6RM mitjançant el mètode *HSR*. Han estat realitzades les proves *Victorian Institute of Sports Assessment patellar tendinopathy questionnaire (VISA-p)*, *single leg vertical countermovement jump (SLVCJ)*, asimetria entre extremitats inferiors (ASI SLVCJ), amplitud de moviment de la flexió dorsal de turmell (FDT) i asimetria de FDT entre ambdós turmells (ASI FDT) abans d'executar la intervenció (T1). Degut al COVID-19, la intervenció s'ha quedat en una proposta de prevenció de la TR. Tot i així, a partir de la T1 s'ha realitzat un coeficient de correlació lineal entre les variables amb potencial modificable i una comparativa de les mateixes entre sexes. Els resultats obtinguts indiquen que un dèficit de FDT, un increment d'ASI SLVCJ i una elevada ASI FDT pot associar-se a una major simptomatologia de TR ($p\text{-value} < 0,05$). En canvi, no s'han trobat correlacions significatives ($p\text{-value} > 0,05$) entre l'elevat IMC, els majors valors de salt i el sexe masculí amb la simptomatologia de la TR. Donada l'heterogènia evidència científica en relació a la temàtica d'estudi, es requereix més investigació d'alta qualitat.

Paraules clau: Tendinopatia rotuliana, excèntric, prevenció i tennis.

TÍTULO

Efectos de un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica (*Heavy Slow Resistance training*) en la prevención de la tendinopatía rotuliana en tenistas juniors.

RESUMEN

Los tenistas profesionales y juniors presentan una elevada incidencia lesiva de la rodilla de origen tendinoso. En consecuencia, el objetivo del presente estudio es analizar los efectos de un programa de entrenamiento con sobrecarga excéntrica (*Heavy slow resistance training*) en la prevención de la tendinopatía rotuliana (TR) en tenistas juniors. 11 tenistas juniors (4 chicos y 7 chicas) se han separado randomizadamente en grupo control (GC) y grupo intervención (GI). A pesar de que el GI y lo GC seguían la rutina de entrenamientos de la temporada durante 12 semanas, el GI, además, realizó 3 sesiones a la setmana de 3 ejercicios de 4 series con una progresión del 15RM al 6RM mediante el método *HSR*. Han sido realizadas las pruebas de *Victorian Institute of Sports Assessment patellar tendinopathy questionnaire (VISA-p)*, *single leg vertical countermovement jump (SLVCJ)*, la asimetría entre extremidades inferiores (ASI SLVCJ), la amplitud de movimiento de la flexión dorsal de tobillo (FDT) y la asimetría de FDT entre ambos tobillos (ASI FDT) antes de ejecutar la intervención (T1). Debido al COVID-19, la intervención se ha quedado en una propuesta de prevención de la TR. Aun así, a partir de la T1 se ha realizado un coeficiente de correlación lineal entre las variables con potencial modificable y una comparativa de las mismas entre sexos. Los resultados obtenidos han mostrado que un déficit de FDT, un incremento de ASI SLVCJ y una elevada ASI FDT puede asociarse a una mayor sintomatología de TR (p-value < 0,05). En cambio, no se han encontrado correlaciones significativas (p-value > 0,05) entre el elevado IMC, los mayores valores de salto y el sexo masculino con la sintomatología de la TR. Dada la heterogénea evidencia científica en relación a la temática de estudio, se requiere más investigación de alta calidad.

Palabras clave: Tendinopatía rotuliana, excéntrico, prevención y tenis.

TITLE

Effects of a training program with eccentric overload (Heavy Slow Resistance training) in the prevention of patellar tendinopathy in junior tennis players.

ABSTRACT

Professional and juniors tennis players have a high incidence of knee injury (tendon origin). Consequently, the objective of the present study is to analyze the effects of a training program with eccentric overload (Heavy slow resistance training) in the prevention of patellar tendinopathy (PT) in junior tennis players. 11 junior tennis players (4 boys and 7 girls) have been randomly separated into control group (CG) and intervention group (IG). Although IG and CG maintained scheduled in-season training routines over 12 weeks, IG, in addition, performed 3 weekly sessions of 3 exercises by 4 set with a progression from 15RM to 6RM, using the HSR method. Victorian Institute of Sports Assessment patellar tendinopathy questionnaire (VISA-p), single leg vertical countermovement jump (SLVCJ), lower limb asymmetry (ASI SLVCJ), range of motion of ankle dorsiflexion (ADF) and the ADF asymmetry between both ankles (ASI ADF) tests were performed before executing the intervention (T1). Due to COVID-19, the intervention has remained a proposal for the prevention of PT. Even so, from T1 a linear correlation coefficient between potentially modifiable variables and a comparison of the same variables between the sexes has been made. The results obtained have shown that a reduced ADF, an increase in ASI SLVCJ and a high ASI ADF can be associated with a greater symptomatology of PT (p -value < 0.05). In contrast, no significant correlations (p value > 0.05) were found between high BMI, higher jump values, and male sex with PT symptoms. Given the heterogeneous scientific evidence in relation to the subject of study, more high-quality research is required.

Keywords: Patellar tendinopathy, eccentric, prevention and tennis.

1. MARC TEÒRIC

1.1. Introducció

El tennis és un esport popular, amb més de 75 milions de participants de 215 països diferents (Pluim et al., 2007). El tennis té múltiples beneficis positius per a la salut, com per exemple, millorar la forma física i el benestar dels seus practicants (Kovacs et al., 2016). Tanmateix, es produeixen lesions múscul esquelètiques que tenen la potencialitat de provocar la retirada de la participació (Maffulli et al., 2010). En aquesta línia, la taxa d'incidència de les lesions en el tennis té un resultat més alt a les extremitats inferiors, en comparació a les extremitats superiors i el tronc (Pluim et al., 2006; Helm et al., 2010; Moreno et al., 2018). De les lesions de l'extremitat inferior, les més típiques són les de genoll de caràcter tendinós, degut al "overuse" (Humphrey et al., 2019; Van der Sluis et al., 2016). A més, s'ha cercat que els tenistes juniors tendeixen a sofrir tendinopaties patel·lars, mentres que els d'edat més avançada pateixen més de degeneracions del cartílag i/o menisc (Perkins i Davis, 2006). Doncs, l'elevada aparició de lesions al genoll per "overuse" entre els jugadors juniors de tennis d'alt nivell ens suggereix que es requereix un enfocament precoç de les mesures preventives, centrant-se especialment en la monitorització i gestió de les càrregues de treball amb l'objectiu d'optimitzar el rendiment i reduir el número de lesions (Pluim et al., 2016).

Paral·lelament, durant els últims anys s'està posant en pràctica l'efectivitat de prevenir i tractar les tendinopaties rotulianes a través de l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (Gual et al., 2015). Tot i així, actualment no hi ha consens sobre les prescripcions més específiques, com la intensitat, freqüència, dosificació i durada de l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (Larsson et al., 2012; Lorenzen et al., 2010).

1.2. Epidemiologia del tennis

1.2.1. Genoll i Tendó

S'ha realitzat una recerca bibliogràfica a la base de dades "PubMed" i "SportDiscus" per saber quines són les lesions més comuns al tennis. S'han utilitzat les paraules clau al filtrador "Title/Abstract" de "epidemiology", "tennis" i "injuries" utilitzant el booleano "AND". A partir de la combinació de les paraules clau d'aquesta recerca, m'he quedat amb aquells estudis dels últims 5-10 anys publicats en revistes internacionals de gran impacte.

Per exemple, Pluim et al. a l'any 2016 realitzen un estudi a per veure les lesions durant 32 setmanes en 74 tennistes juniors d'elit. El resultat és que les lesions més típiques són les de sobreús (88 de 113 lesions), amb preferència a la localització del genoll (18,2%). Un altre

estudi prospectiu de 2 anys en tenistes juniors (Hjelm et al., 2010) ens indica que les lesions d'extremitat inferior en tennistes juniors són les més freqüents (51% del total de lesions). A més, ens indica que els tenistes juniors es lesionen més de genoll (12,3%) que no pas de l'espatlla (9,6%). O, en el cas de les noies, genoll (18,5%) en comparació al colze (11,1%). Afegidament, un altre estudi de Moreno et al. a l'any 2018 en tennistes de competició espanyols (no júnors) ens indica que de 662 lesions musculars produïdes, les més usuals són les múscul-tendinoses, les de sobreús i les de l'extremitat inferior.

En la mateixa línia, Kovacs et al. a l'any 2014 van fer un estudi per al “*Journal of Medicine and Science in Tennis*” sobre les tendències de les lesions dels tennistes d'elit juniors d'Amèrica entre els anys 2008 i 2014. El resultat obtingut va ser el que es mostra a la Figura 1:

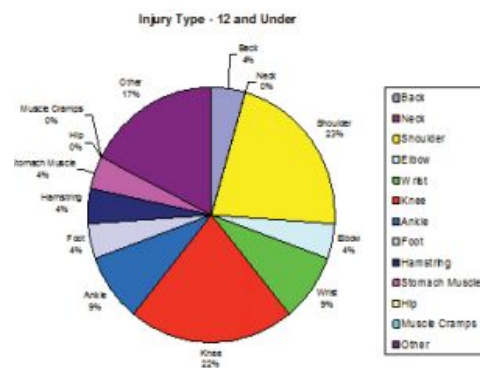


Figura 1. Percentatge de lesions segons la part afectada. En vermell podem observar el 22% d'incidència lesiva del genoll (Kovacs et al, 2014).

Com es pot apreciar a la Figura 1, el genoll ha estat la segona lesió més freqüent (22%) en aquells jugadors de 12 anys o menys. Així mateix, l'estudi de Humphrey et al. a l'any 2019 en relació a les lesions múscul-esquelètiques en el tennis ens mostra que de 662 lesions produïdes durant 4 setmanes en 368 tennistes, la segona més comú és la de genoll (Taula 1):

Tabla 1. Localització anatòmica i estructures involucrades en les lesions del tennis (Humphrey et al., 2019).

Anatomical location	Injury percentage	Tissue structure	Injury percentage
Elbow	15.6% (103/662)	Muscle	24% (161/661)
Knee	11.6% (77/662)	Tendon	23.4% (155/661)
Face	10.0% (66/662)	Other	10.4% (69/661)
Lower Leg (calf)	8.8% (57/662)	Ligament	7.0% (46/661)
Shoulder	8.2% (54/662)	Soft tissue bruise	6.5% (43/661)
Head	5.7% (38/662)	Eye	6.2% (41/661)
Wrist	5.4% (36/662)	Meniscus	4.7% (31/661)
Lower back	5.4% (36/662)	Abrasion/Laceration	4.1% (27/661)
Ankle	4.7% (31/662)	Fracture (bone)	3.4% (23/661)
Other	3.8% (25/662)	Articular Cartilage	2.9% (19/661)
Achilles tendon	3.5% (23/662)	Nerve	2.0% (13/661)
Hamstring	3.3% (20/662)	Other Bone	2.0% (13/661)
Foot	2.7% (18/662)	Synovitis	1.4% (9/661)
Groin	2.1% (14/662)	Concussion	0.8% (5/661)
Forearm	2.0% (13/662)	Dislocation	0.5% (3/661)
Hip	1.7% (11/662)	Dental	0.3% (2/661)
Hand	1.7% (11/662)	Brain	0.2% (1/661)
Thigh	1.5% (10/662)		
Upper arm	0.6% (4/662)		
Neck	0.6% (4/662)		
Upper back	0.6% (4/662)		
Ribs	0.5% (3/662)		
Pelvis	0.5% (3/662)		
Clavicle	0.2% (1/662)		

En la mateixa línia, l'estudi de Van der Sluis et al. a l'any 2016 ens indica que en 54 de 73 tennistes juniors d'elit, es van produir 113 lesions. D'aquestes, 88 (77%) van ser per "overuse", i la zona més afectada va ser el genoll (Figura 2).

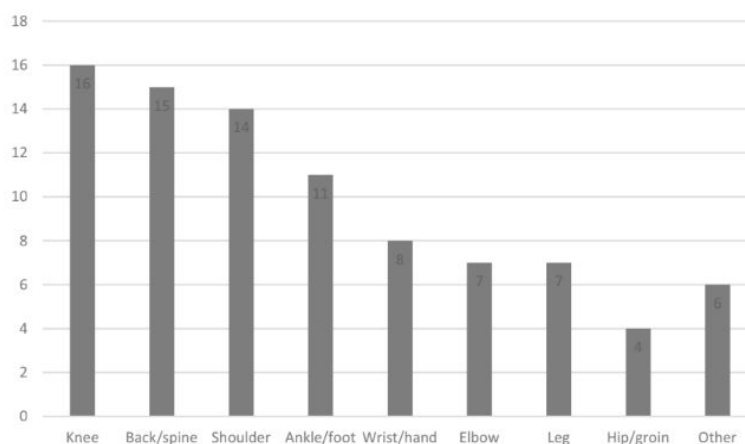


Figura 2. Zones afectades i nombre de lesions en 73 tennistes juniors en un període de 32 setmanes (Van der Sluis et al. 2016).

Aquest seguit d'estudis mostren que el genoll és una localització anatòmica lesiva freqüent durant la pràctica del tennis (en qualsevol edat i nivell), amb afectacions principals al tendó i per causes de sobreús.

1.3. Tendinopatia rotuliana

1.3.1. Fisiopatologia

La tendinopatia rotuliana (TR) es mostra present en un elevat número d'esports, tant a nivell professional com amateur, amb tendència a les disciplines esportives que realitzen accions de salt (Zwerver et al., 2011). Segons Malliaras et al. (2015), el dolor a la palpació a nivell del pol inferior de la ròtula i el dolor associat a la càrrega sobre l'aparell extensor del genoll, és el diagnòstic identificatiu de la TR. Pel que fa als canvis estructurals de les tendinopaties, els pacients que la sofreixen mostren tendons més gruixuts, però amb una capacitat reduïda de l'emmagatzematge d'energia, fet que suposa que per la mateixa càrrega, els tendons patològics presenten tensions més elevades que les d'individus sans. En conseqüència, es genera una disminució de les propietats tant estructurals com materials del teixit del tendó. De fet, la histologia anormal dels tendons es troba correlacionada amb la capacitat de càrrega reduïda (Scott et al., 2015).

Tot i així, actualment les causes de les tendinopaties no es coneixen amb prou exactitud (Pearson and Hussain, 2014). Encara que l'etiologia no és gaire nítida, les microruptures tissulars associades al sobreús dels tendons per la pràctica d'activitat física i esportiva (Figura 3) podrien ser el possible factor lesiu clau (Abate et al., 2009).

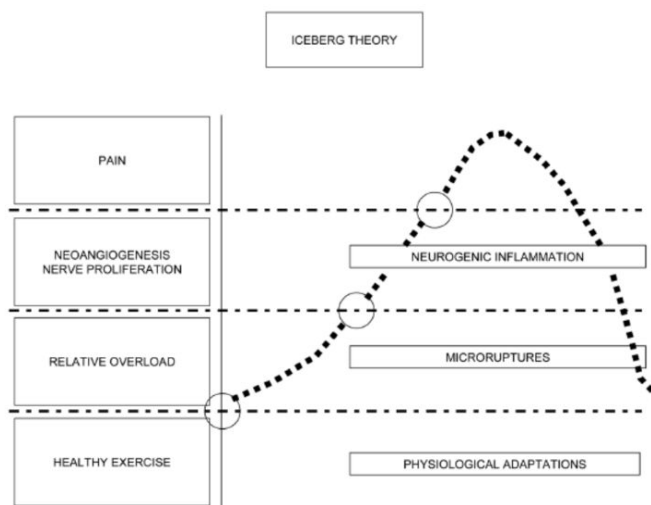


Figura 3. Teoria de l'iceberg (Abate et al., 2009).

1.3.2. Etiologia

1.3.2.1. Mecanisme lesiu

El mecanisme de lesió d'una tendinopatia pot variar segons la regió afectada i el tipus de pacient. Els tendons i les seves insercions rarament es carreguen purament en tensió; tot i que la sobrecàrrega de tracció pot ser el mecanisme dominant per a moltes tendinopaties, sovint també hi ha compressió del tendó, ja sigui internament (per exemple, un fascicle o un paquet de fibres contra un altre) o contra estructures externes (paratendó, retinacle, os). La combinació de tensió i compressió produeix cisallament i fricció (Scott, 2015). A més, la reducció de la càrrega dels tendons (per exemple, el sedentarisme o la relativa inactivitat) pot comportar una ràpida pèrdua d'organització estructural i de propietats mecàniques (Reeves et al., 1985).

Per altre banda, les persones amb tendinopatia també solen utilitzar patrons de moviment que causen càrrega excessiva als seus tendons. Per exemple, els resultats de diversos estudis centrats en la relació entre la biomecànica de salt i la tendinopatia rotuliana suggereixen que els individus amb TR tenen una posició menys vertical (més flexió de maluc i genoll) al contacte inicial a l'aterratge (Van der Worp et al., 2014).

1.3.2.2. Factors de risc

A partir de la tesi doctoral de Gual (2016), s'adjunta la següent taula d'evidència científica de la classificació dels factors de risc de la TR (Taula 2):

Taula 2. Classificació factors de risc TR (Gual, 2016)

Factors de risc	Referència bibliogràfica
Dèficit ADM de maluc	Mann et al, 2013
Força de quàdriceps	van der Worp et al., 2011
Dèficit en l'extensibilitat de la musculatura extensora de genoll	van der Worp et al., 2011
Dèficit en l'extensibilitat de la musculatura flexora de genoll	van der Worp et al., 2011
Alçada de l'arc plantar intern	van der Worp et al., 2011
Actitud postural dels peus	de Groot et al., 2012
Dèficit en l'ADM de flexió dorsal de turmell	Malliaras et al., 2006; Backman i Danielson, 2011
Practicar voleibol o bàsquet	van der Worp et al., 2012

Jugar a lligues superiors	van der Worp et al., 2011
Major càrregues d'entrenament	Hagglund et al., 2011
Major valors de salt	van der Worp et al., 2011; Helland et al., 2013
Sexe masculí	van der Worp et al., 2011
Elevat índex de massa corporal	van der Worp et al., 2011
Perímetre cintura	Malliaras et al., 2007
Asimetria longitud de cames	van der Worp et al., 2011

Per exemple, Malliaras et al. (2006) van mesurar diferents factors de risc en 113 jugadores de voleibol masculí i femení. D'aquests, l'únic que va estar relacionat amb la tendinopatia rotuliana va estar el dèficit de flexió dorsal de turmell ($p < 0.05$). Segons els autors, com que la relació entre la dorsiflexió de turmell i la contracció excèntrica del múscul del panxell és important en l'absorció de la força de les extremitats inferiors en un salt, el baix rang de dorsiflexió del turmell pot augmentar el risc de tendinopatia rotuliana. Anys més tard, Backman i Danielson (2011) realitzen un estudi amb l'objectiu d'analitzar si un reduït rang de dorsiflexió de turmell augmenta el risc de desenvolupar PT a 75 jugadors de bàsquet juniors durant un any. Aquest estudi ens indica que el baix rang de dorsiflexió de turmell és un factor de risc per desenvolupar PT. Per altre banda, Helland et al. (2013) van identificar 17 jugadors de voleibol diagnosticats de TR i 18 jugadors sans a partir d'un estudi prospectiu de 5 anys. Durant aquests anys es van analitzar diferents variables, entre elles, els valors de salt a partir del "CMJ". Els resultats van mostrar que els jugadors de voleibol amb TR obtenen majors valors de salt donat que tenen una millor habilitat per utilitzar el cicle d'escurçament-estirament en un salt.

1.4. Efectes de l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica

1.4.1. Efectes en el rendiment

En primer lloc, l'excitabilitat cortical sembla ser més gran amb les contraccions excèntriques en comparació als altres tipus de contraccions, tot i que l'activitat d'unitat motora és més baixa (Duchateau et al., 2014).

En segon lloc, les contraccions excèntriques tenen implicacions importants en quant a les respostes agudes durant i després de l'exercici amb sobrecàrrega excèntrica. Aproximadament, es pot generar entre un 20 i un 60% més de força durant les contraccions excèntriques en comparació amb les contraccions concèntriques (Hollander et al., 2007). A més, l'exercici excèntric requereix menys energia per treball unitari i genera una resposta cardiopulmonar substancialment inferior (Dufour et al., 2004;). En la mateixa línia, un altre estudi indica que l'exercici excèntric condueix a menys nivell de fatiga, lactat i amoníac en comparació a l'exercici concèntric en nivells de treball equivalents. És a dir, l'exercici excèntric permet treballar amb càrregues més altes, i per tant, podrà produir majors adaptacions neuromusculars de força (Horstmann et al., 2001).

1.4.2. Efectes en la prevenció i tractament de la tendinopatia

A principis de l'any 1984, Curwin i Stanish van ser dels primers autors en estudiar el treball de força de quàdriceps (amb especial èmfasi en la fase excèntrica) com a mètode de tractament de la TR. Avui dia, es segueix investigant sobre la temàtica en qüestió i fins ara, s'han produït un gran nombre de revisions sistemàtiques amb resultats generalment favorables sobre l'entrenament de la força excèntrica del quàdriceps en el tractament de la TR (Malliaras et al., 2013). Malgrat la gran quantitat d'estudis, Larsson et al. (2012) comproven que encara hi ha certa discrepància sobre les dosis d'entrenament adequades. A més, no va ser fins l'any 2007 que Kongsgaard et al. van demostrar per primer cop que l'entrenament de la força de quàdriceps podia generar la hipertròfia del tendó rotulià. I no només això, sinó que anys abans es va observar que un entrenament semblant a l'anterior podia augmentar la "stiffness" i el mòdul d'elasticitat del tendó rotulià (Reeves et al., 2003). Seguidament, durant els últims anys s'ha publicat una revisió sistemàtica de Malliaras et al. (2013) sobre "Achilles and Patellar Tendinopathy Loading Programmes" on es destaca l'estudi de Kongsgaard et al. (2009). En aquest, es creen 3 grups de pacients amb TR. El primer rep infiltracions peritendinoses de corticoides, el segon un entrenament excèntric segons el "*Protocol de Purdam*", i el tercer grup un protocol d'entrenament de força d'elevada resistència a baixa velocitat d'execució ("*HSR*"). Aquest últim ("*HSR*"), entrenava 3 cops per setmana (dies no consecutius) i realitzava 4 series de 3 exercicis diferents,

progressant d'intensitats de 15RM fins a 6RM sense aïllar la fase excèntrica (amb 3 segons de duració a cada fase). El resultat va demostrar que aquest grup va obtenir diferències significatives en l'edema, la vascularització, la regeneració de col·lagen, la VAS i el VISA-p.

Malgrat els bons resultats de l'estudi anterior, cal destacar que segons Wang et al. (2012) les càrregues de treballs excessives poden comportar efectes negatius com l'excessiva resposta cicatricial i/o la possible aparició de molècules d'adhesió tissular (Taula 3).

Taula 3. Efectes de càrregues baixes, moderades i excessives en el tendó (Wang et al., 2012).

Nivell de càrrega mecànica	Efectes al tendó	
Baix	Disminueix: Resistència a la tracció Tamany Producció de col·lagen Activitats anabòliques	Augmenta: Activitats catabòliques
Moderat	Disminueix: Degradació de col·lagen Adhesions Mediador inflamatori	Augmenta: Resistència a la tracció Síntesis de col·lagen TSCs diferenciant-se en tenòcits
Excessiu	Disminueix: Resistència a la tracció Organització col·lagen	Augmenta: Miofibroblasts Mediadors inflamatoris TSCs diferenciant-se en no-tenòcits Leucotriens (més edema)

Per tal d'evitar les càrregues excessives i així respectar el període de recuperació biològic dels tendons (de 24 hores a 3 dies), els autors indiquen que s'ha de controlar la freqüència d'entrenament, de manera que passem de les 2 sessions diàries (Young et al., 2005) a 2-3 sessions setmanals (Kongsgaard et al., 2009).

1.5. Mètodes d'entrenament per crear sobrecàrrega excèntrica

1.5.1. Eccentric Decline Squat

Estudis recents han demostrat resultats clínics mitjançant un entrenament excèntric del squat en un pla declinat de de 25° per tractar la TR. Per exemple, Kongsgaard et al. (2006) van realitzar un estudi que tenia com a objectiu analitzar la tensió del tendó rotulià i la cinemàtica de l'angle articular durant els squats excèntrics en comparació als squats en pla declinat. La mostra total va ser de 13 subjectes pel squat horitzontal i 25 pel pla declinat de 25°. El resultat obtingut va indicar que el pla declinat de 25° incrementa la carga i la tensió del tendó rotulià durant l'execució del squat excèntric unilateral en comparació a l'execució sense plat inclinat.

En la mateixa línia, Young et al. (2005) van realitzar un estudi amb l'objectiu d'investigar l'eficàcia immediata (12 setmanes) i a llarg termini (12 mesos) de dos programes d'exercici excèntrics per al tractament de la TR. Aquests, es van realitzar en un assaig prospectiu aleatoritzat de 17 jugadors de voleibol d'elit amb diagnòstic clínic i d'imatge confirmat de TR. Els participants van ser assignats aleatòriament a un dels dos grups de tractament: un grup plat declinat de 25° i un "step" grup. El grup de pla declinat va realitzar squats unilaterals sobre un pla declinat de 25°. El "step" grup realitzava squats unilaterals en un "step" de 10 cm. Tots els participants van completar un programa d'intervenció de 12 setmanes durant la seva pretemporada. Els instruments de mesura utilitzats van ser la puntuació VISA-p per a la funció del genoll i l'escala analògica visual de 100 mm (VAS) per al dolor de tendó. Es van prendre mesures durant tot el període d'intervenció i 12 mesos post intervenció. Els resultats obtinguts van mostrar que ambdós grups van millorar significativament respecte el grup control a les 12 setmanes i als 12 mesos. Tot i així, el grup que realitzava els squats en pla declinat de 25° va obtenir millors resultats als 12 mesos que tots els altres grups en l'escala VISA. Aquest fet indica que el pla declinat de 25° (Figura 4) sembla tenir resultats clínics més eficients en el tractament de la TR.

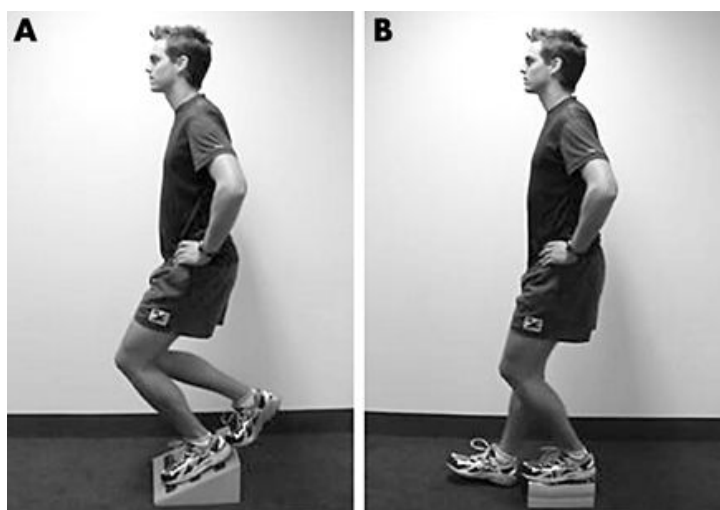


Figura 4. Squat unilateral en pla declinat (A) i Squat unilateral en pla horitzontal (B) (Young et al., 2005).

1.5.2. Inercial Resistance

A l'any 1922 va aparèixer la primera resistència inercial "flywheel" creada pel Dr. Archibald V. Hill (Tous-Fajardo, 2010). A finals de l'any 80 es va crear la tecnologia "YoYo", que fa que l'energia inercial generada durant la fase concèntrica provoqui una resistència de la mateixa magnitud però en sentit contrari que haurà de ser frenada durant la fase excèntrica (Figura 5) (Berg i Tesch, 1998).

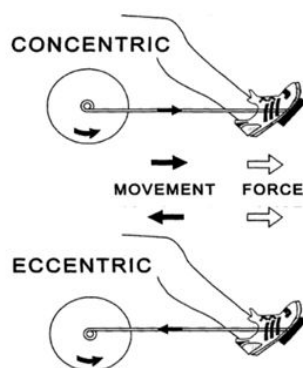


Figura 5. Tecnologia "YoYo" representant la fase concèntrica (acceleració) i excèntrica (desacceleració) (Berg i Tesch, 1998).

Per poder aprofitar la tecnologia de la resistència inercial, cal que la persona que realitzi l'exercici faci la màxima força possible durant la fase concèntrica, per així, acumular energia en la fase excèntrica, la qual s'haurà de desaccelerar acompanyant el moviment (Tous-Fajardo, 2010). Per poder apreciar el potencial de la resistència inercial, l'estudi de Norrbrand et al. (2008) ens compara la resistència inercial ("YoYo") i la resistència

gravitacional (pesos). El resultat és que la “YoYo” presenta majors adaptacions musculars després de 5 setmanes de la realització del mateix exercici d’extensió de genoll.

Un altre exemple és el de l’estudi de Gual et al. (2015) “*Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy*”, el qual ens indica que es produeix un augment de la força i la potència muscular sense causar simptomatologia de TR en jugadors/es de bàsquet i voleibol (grup intervenció) per estar sotmesos a 1 sessió setmanal d’entrenament de sobrecàrrega excèntrica inercial (Yo-Yo Squat: 4 sèries de 8 repeticions màximes) durant 24 setmanes de temporada competitiva.

1.5.3. “Heavy slow resistance training (HSR)”

En els estudis més recents, els exercicis de “HSR” han demostrat potencial en la reducció del dolor i la millora funcional de la PT . A partir de la revisió sistemàtica de Yin et al. (2018), s’han trobat dos estudis sobre el mètode d’entrenament “HSR” amb rigorositat científica.

En primer lloc, els dos estudis inclosos van reportar una millora significativa del dolor i de la funció en un seguiment de dotze setmanes. Els exercicis de “HSR” van utilitzar contraccions concèntriques i excèntriques (de 3s cada una) realitzades entre 90° de flexió de genoll i l’extensió completa, durant quatre sèries de 6 a 15 RM. Per aconseguir una alta resistència inercial, els entrenaments “HSR” van implicar l’ús d’una màquina de premsa de cames. Aquests exercicis es van dur a terme de dues a tres sessions per setmana, durant una intervenció de 6 a 12 setmanes descrits als estudis (Kongsgaard et al., 2010; Romero et al., 2010). Kongsgaard et al. (2010) van reportar una reducció del dolor del 36% ($p = 0,008$) després de 12 setmanes d’entrenament de HSR, mentre que Romero et al. (2010) van notificar una reducció del dolor del 60% ($p < 0,01$) després d’una intervenció de 6 setmanes, amb efectes que van persistir fins a un seguiment de les 12 setmanes. Kongsgaard et al. (2010) també van reportar una millora tant en el dolor com en la funció en una mostra amb TR, després de l’entrenament de “HSR”.

A més, els autors van concloure que aquestes millores clíniques es van associar amb la normalització de la morfologia fibril·lar a causa de l’entrenament “HSR”, en comparació amb la morfologia tendinosa del grup control. De la mateixa manera, tots dos estudis van demostrar una millora estadística significativa de la funció mitjançant la puntuació VISA ($p < 0,01$), igual que a les 12 setmanes posteriors a la intervenció. A diferència, l’estudi de

Romero et al. (2010) també va reportar un augment de l'alçada del "CMJ" de set de deu subjectes després de 6 setmanes d'entrenament de "HSR".

2. MÈTODE

2.1. Objectius

Principal:

- Analitzar els efectes d'un programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*) en la prevenció de la tendinopatia rotuliana en tennistes juniors.

Secundaris:

- Analitzar si també es millora la força explosiva.
- Correlacionar els resultats obtinguts amb els factors de risc que presenta la mostra.
- Comparar els resultats entre sexes.

2.2. Hipòtesis

Principal:

- "El programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*) prevé la tendinopatia rotuliana en tennistes juniors".

Secundàries:

- "El programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*) millora la força explosiva".
- "Existeix una correlació entre els resultats obtinguts i els factors de risc que presenta la mostra".
- "Hi han diferències significatives entre sexes".

2.3. Disseny

S'ha realitzat un estudi experimental randomitzat controlat en un total de mostra de 11 tennistes juniors del Reial Club de Tennis Barcelona. D'aquests 11, s'han separat randomitzadament (a través d'un sorteig per paperetes) 5 a grup control (CG) i 6 a grup intervenció (IG). A continuació, s'han mesurat les variables (T1) dependents (observables a la Taula 6 del punt 2.5.) i les independents com l'edat, el sexe, el pes, la talla i el nº d'entrenaments a la setmana. Seguidament, es realitza el programa d'entrenament "Slow heavy resistance (HSR)" durant 12 setmanes. Un cop realitzat, tornem a mesurar les mateixes variables (T2), per finalment, ser analitzades exhaustivament (Figura 6).

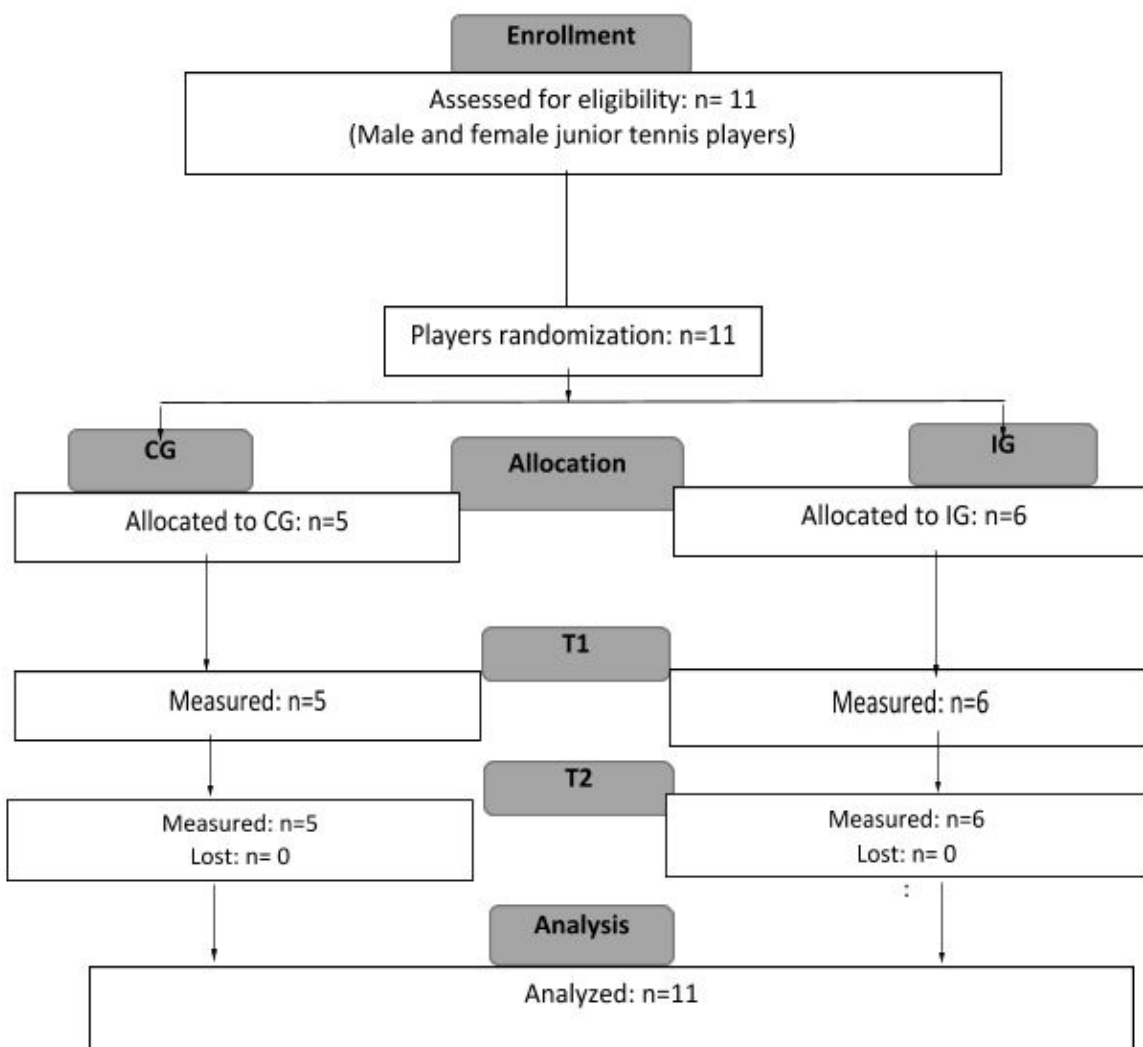


Figura 6. Disseny de l'estudi amb una mostra total de 11 tennistes. 5 jugadors al grup control (CG) i 6 al grup intervenció (IG).

2.4. Mostra

La mostra total és de 11 tennistes juniors del Reial Club de Tennis Barcelona. Tal i com podem observar a la Taula 4, disposem de 7 jugadores i 4 jugadors d'una edat mitjana de $15 \pm 1,18$ anys. Com a punt fort, la totalitat dels jugadors/es entrenen el mateix nombre d'hores (2 sessions a la setmana) donat que pertanyen al mateix club i categoria. Per afegiment, el promig de pes és de $56,18 \pm 7,53$ (kg) amb un pes màxim de 66 kg (jugador 8) i un mínim de 42 kg (jugadora 3). El promig de la talla és de $1,70 \pm 0,07$ (metres) amb un màxim de 1,84m (jugador 9) i un mínim de 1,59m (jugadora 3). A partir del càlcul de l'IMC, es pot observar que cap subjecte té sobrepès o dèficit de pes. En referència als criteris d'inclusió, s'han inclòs tots aquells jugadors/es de tennis del RCTB d'entre 13 i 16 anys que han pogut/volgut participar en l'estudi. Els criteris d'exclusió han estat:

- Qualsevol cirurgia del genoll.
- Sotmesos a un tractament invasiu o utilitzant ortofonia.
- Altres factors d'exclusió, malaltia sistèmica, malaltia cardíaca i / o respiratòries i trastorns neuromusculars (per exemple, la malaltia de Parkinson, múltiples esclerosi, ictus o neuropatia perifèrica).
- Lesions de genoll que no impliquin TR: Ruptures dels lligaments del genoll, afectacions als meniscs i/o als cartilags, etc.

Taula 4. Característiques de la mostra de 11 jugadors/es de tennis juniors.

n	edat	pes (kg)	talla (m)	sexe (1M;2F)	Nº sessions d'entrenaments a la setmana	IMC (%)
1	14	55	1,61	1	2	21,22
2	14	53	1,72	1	2	17,92
3	13	42	1,59	1	2	16,61
4	14	56	1,68	1	2	19,84
5	14	46	1,63	1	2	17,31
6	16	53	1,66	1	2	19,23
7	16	58	1,68	1	2	20,55
8	16	66	1,77	2	2	21,07
9	16	63	1,84	2	2	18,61
10	16	64	1,74	2	2	21,19
11	16	62	1,73	2	2	20,73
Promig	15,00	56,18	1,70	1,36	2,00	19,48
Desviació típica	1,18	7,53	0,07	0,50	0,00	1,66

Per altre banda, totes les actuacions d'aquest estudi han respectat els principis ètics de la "Declaració de Helsinki". D'aquesta manera, a tots els participants d'aquest estudi se'ls ha respectat el seu dret a l'autodeterminació i el dret a prendre decisions informades (consentiment informat) incloent la participació en la investigació, tant a l'inici com durant els curs de la investigació. En aquesta línia, aquest estudi ha garantitzat que el subjecte hagi expressat voluntàriament la seva intenció de participar-hi, després d'haver comprès la informació que se li ha donat a través dels objectius de la mateixa. Per tant, s'ha realitzat un consentiment informat que el podeu trobar als Annexes (7.1).

2.5. Procediment

Dins d'aquest estudi diferenciem entre variables dependents i independents. En primer lloc, s'han analitzat les variables dependents (Taula 6):

- Funcionalitat: Visentini et al. (1998) van detectar que els símptomes dels pacients amb TR no es poden quantificar fàcilment. Per aquesta raó, els autors van idear i provar el qüestionari de l'Institut Victorià d'Avaluació de l'Esport (VISA-p), compost per un breu qüestionari que avalua els símptomes i un grapat de proves funcionals. Per tant, els autors suggereixen que la funcionalitat de l'extremitat inferior és una variable a analitzar quan estudiem la TR. Concretament, el VISA-p avalua la mobilitat funcional i la participació del dolor del genoll en la vida diària. Afegidament, posseeix 8 ítems, dels quals 6 d'ells valoren el grau de dolor o capacitat sobre una escala numèrica tipus "Likert" (0 a 10) per a realitzar un seguit d'activitats quotidianes i test funcionals. Els dos últims ítems (7 i 8) proporcionen informació sobre la participació esportiva en una escala categòrica. La puntuació màxima possible i que correspon amb un esportista asimptomàtic, és de 100 punts i la mínima teòrica és de 0 punts. El material necessari per administrar aquesta escala és portar el test imprès i un utensili per escriure. Cal destacar que no hi ha requeriments previs i que duració de l'administració del test és de 3 minuts com a màxim. S'ha calculat la VISA-p de cada extremitat inferior (VISA-esquerra i VISA-dreta) (Hernández, 2015).
- Flexió dorsal de turmell (FDT) i ASI FDT: Per tal de quantificar objectivament la FDT (dret i esquerra) es va realitzar el "Weight bearing lunge test" (WBLT). La fiabilitat "inter-rater" de la distància mesurada pel WBLT va ser de $R = 0,99$ (95% CL: 0,97-0,99). La fiabilitat "intra-rater" també és bastant acceptable (ICC= 0,98-0,99). Doncs, els autors suggereixen que el WBLT és un mètode fiable de l'avaluació del rang de moviment de la dorsiflexió del turmell ja que proporciona resultats

consistents. Pel que fa al protocol de mesura, aquest test requereix una tècnica específica. La prova s'ha realitzat en front d'una paret i amb una cinta mètrica (cm) estàndard. Es va demanar als participants que col·loquessin el peu de manera que passi una línia imaginària entre el taló i el dit gros que s'alinea sobre la cinta mètrica del terra. A més, es va dibuixar una línia vertical a la paret en línia amb la cinta mètrica. A partir d'aquí, els participants van anar endavant fins que el genoll va tocar la línia dibuixada a la paret. Per a que sigui vàlida, el taló ha d'estar tota l'estona en contacte amb el terra. La cama que no s'està testejant es va poder recolzar a terra i es va permetre que s'aguantessin a la paret per estabilitzar-se. Per últim, es va registrar la distància (cm) màxima entre la paret i la punta del dit gros. Cada cm correspondrà a 3,6° de FDT aproximadament (Bennell et al., 1998).

- Asimetria d'extremitats inferiors i salt vertical: A través del "*Single-leg Vertical Countermovement Jump (SLVCJ) test*" es van analitzar els valors de salt vertical. Aquest test de salt unilateral s'ha utilitzat per estimar l'asimetria d'alçada de salt vertical entre les extremitats inferiors (% ASI). Anteriorment, ja s'ha demostrat que la prova té una bona fiabilitat de "*test-retest*" (Meylan et al., 2009). L'instrument de mesura utilitzat ha estat "*My Jump 2 app*" donat que l'evidència que ens mostren els estudis actuals ens indiquen que és un instrument vàlid i fiable (Balsalobre et al., 2015). El protocol que s'ha utilitzat és descrit pel mateix Meylan et al. (2009), el qual es mostra a la Figura 9. El subjecte va començar amb el peu de la cama en qüestió en contacte amb la superfície determinada i amb les mans recolzades al seus malucs. Des d'aquesta posició, el subjecte va ser instruit per fer un descens ràpid (fase excèntrica) fins aconseguir una profunditat autoseleccionada prèviament en la familiarització del test per realitzar un salt el més alt possible en la fase concèntrica. L'aterratge s'ha realitzat amb els dos peus al mateix moment. El genoll de la cama que no realitza el salt es va posicionar a uns 90° de flexió aproximadament. El test es va donar per vàlid si les mans no es mouen dels malucs i si l'equilibri es va mantenir durant els últims 3 segons després de l'aterratge. A més, per cada intent es va donar 30 segons de recuperació. 3 intents es van realitzar per cada cama, alternat dreta i esquerra cada cop. S'han agafat les dades dels dos millors intents de cada cama i es s'ha realitzat el promig.



Figura 7. “Single-leg vertical countermovement jump test” amb la cama esquerra.

Abans de realitzar els tests del “SLVCJ” i el “DFT”, tots els participants han realitzat la següent activació motriu (“warm up”): 4 min de carrera contínua seguida d’exercicis d’estiraments actius (adductors, isquiosurals, tríceps sural, quàdriceps i glutis). Els estiraments actius consisteixen en contraccions excèntriques suaus del múscul (6s). Un cop realitzada l’activació motriu, els subjectes han tingut l’oportunitat de practicar 3 intents de cada test. Afegidament, tots els participants han rebut entre dues i tres sessions de familiarització de la tècnica dels dos test una setmana abans de començar a realitzar-los.

Taula 6. Instruments de mesura i indicadors de les variables dependents.

Variable	Indicador	Instrument de mesura
Funcionalitat-esquerra	Punts (0-100)	VISA-p (Hernández, 2015)
Funcionalitat-dreta		
SLVCJ-esquerra	Centímetres	MyJump (Balsalobre et al., 2015)
SLVCJ-dret		
ASI SLVCJ	%	$(HPL - LPL / HPL) * 100$ (Fort et al., 2020)
FDT-dret	Centímetres	Weight-bearing lunge test (Bennell et al., 1998).
FDT-esquerra		
ASI FDT	%	$(HMADF - LMADF / HMADF) * 100$
<p>*VISA = Victorian Institute of Sports Assessment; SLVCJ = Single leg vertical countermovement jump; ASI = Asimetria; FDT = Flexió dorsal de turmell; HPL = Highest performance limb; LPL = Lowest performing limb; HPADF = Highest motion ankle dorsiflexion; LPADF = Lowest motion ankle dorsiflexion.</p>		

En segon lloc, s'han analitzat les variables independents:

- Anys: S'han l'edat a cada participant.
- Sexe: S'ha preguntat el sexe a cada participant.
- Nombre de sessions d'entrenament a la setmana: S'ha preguntat als subjectes quants cops a la setmana entrenen. S'ha demanat que ens diguin la mitja aproximada (contant els partits).
- Pes: És una mesura de la massa corporal total d'un participant. L'instrument de mesura ha estat una balança del club. Tal i com ens indica la "Universidad de los Andes" a l'article "Protocolo para la toma y registro de medidas antropometricas" a l'any 2009, en primer lloc vam calibrar la balança utilitzada, en aquest cas, amb una pesa de 5kg. La balança es considerava calibrada, si al determinar tres vegades el pes de l'objecte, aquest no canviava en més d'una mesura mínima de precisió (100 grams). Posteriorment, el subjecte va posar un peu a la balança i seguidament el

darrer. Un cop amunt, no va poder moure's durant 5 segons fins que es va determinar el seu pes. A més, els participants es van treure la roba, sabates i accessoris (quedant-se amb roba interior). Per afegiment, es va demanar que anessin al lavabo si escau. Per últim, cal dir que la balança va ser col·locada en una superfície plana i ferm. La unitat de mesura és en kg. Es va pesar cada subjecte 3 cops per confirmar el pes (valors han de coincidir).

- IMC: Aquesta dada s'utilitza per classificar el estat ponderal de la persona, i es calcula a partir de la fórmula "pes (kg) / talla (m²)". Per tant, un cop es van mesurar el pes i la talla dels participants, posteriorment es va calcular l'IMC corresponent.
- Alçada: Per tal de saber l'alçada de tots els participants, aquests van ser mesurats amb una cinta mètrica (cm). Tal i com ens mostra "*A Guide to Pediatric Weighing and Measuring*" de l' "*U.S. Department of Health and Human Services*", hi va haver una cinta mètrica enganxada a una paret llisa i alineada. Els subjectes van posar-se d'esquenes contra la paret de manera que els seus talos, natges, hombros i cap es van recolzar lleugerament a la mateixa. Es va demanar als subjectes que mirin cap endavant (ulls i orelles han d'estar en paral·lel tal com diu el pla de "*Frankfort*"), que col·loquin les mans i els braços enganxats al seu cos, que ajuntin les cames fins que estiguin lleugerament juntes i que es retiri qualsevol obstrucció corporal (sabates, accessoris cabell, jaqueta, etc.). Es va realitzar la mesura 3 cops per assegurar-nos de que els valors coincideixen.

2.6. Intervenció

Un cop es van recollir les dades de les característiques i les variables dels participants (T1), es va aplicar el programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica basat en el mètode "*High Slow Resistance*" al GI, per posteriorment, analitzar les diferències (en comparació al GC) que aquest ha produït en les variables dependents (T2). En acord amb l'evidència científica (Kongsgaard et al., 2009), s'han proposat 3 sessions a la setmana durant 12 setmanes. Cada sessió ha de consistir en tres exercicis (Figura 10):

- Premsa de cames (unilateral a poder ser)
- *Squat*
- *Hack Squat* (unilateral a poder ser)

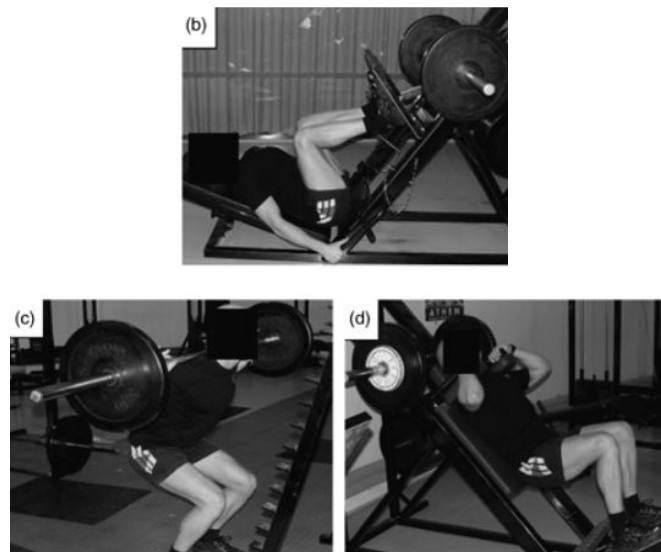


Figura 8. Representació dels exercicis a realitzar: (b) Premsa de cames, (c) *Squat* i (d) *Hack Squat* (Kongsgaard et al., 2009).

S'han de realitzar 4 sèries de cada exercici amb un descans de 2-3 minuts entre elles. Les repeticions i càrregues varien en funció de la setmana per optimitzar una intensitat progressiva del 15RM al 6RM (Taula 7):

Taula 7. Característiques del programa d'entrenament de sobrecàrrega excèntrica (Kongsgaard et al., 2009).

Setmana	Sèries	Repeticions / càrrega	Recuperació entre sèries
Setmana 1	4	15 RM	2-3'
Setmana 2	4	12 RM	2-3'
Setmana 3	4	12 RM	2-3'
Setmana 4	4	10 RM	2-3'
Setmana 5	4	10 RM	2-3'
Setmana 6	4	8 RM	2-3'
Setmana 7	4	8 RM	2-3'
Setmana 8	4	8 RM	2-3'
Setmana 9	4	6 RM	2-3'
Setmana 10	4	6 RM	2-3'
Setmana 11	4	6 RM	2-3'
Setmana 12	4	6 RM	2-3'

Tots els exercicis s'han de realitzar des d'una extensió completa fins als 90° de flexió de genoll. S'han d'executar 3 segons en cada fase (excèntrica i concèntrica) de manera que cada repetició ha de durar un total de 6 segons. El dolor durant l'exercici és acceptable (fins a 3 de 10 en una escala EVA). Tot i així, el dolor no ha d'augmentar un cop acabats els exercicis. A més, cal destacar que l'1RM de cada participant ha de ser calculat (indirectament a partir de la fórmula de Brzycky) setmanalment per ajustar el màxim possible la càrrega.

Per tal d'evitar lesions i maximitzar el potencial dels exercicis, abans de fer-los, s'ha de realitzar la mateixa activació motriu que s'ha practicat abans dels tests (veure punt 3.3). Per afegiment, abans de realitzar la primera sèrie de cada exercici, s'ha de fer una sèrie de 15 repeticions sense pes afegit a la màquina en qüestió.

2.7. Anàlisi de dades

Un cop s'han obtingut les dades de les variables, s'ha realitzat el següent anàlisi de dades a partir del programa estadístic "JASP":

- Promig i desviació estàndard de totes les variables dependents i independents de la mostra.
- % asimetria d'extremitats inferiors a partir de la fórmula (Fort et al., 2020):
$$\frac{\text{Highest performance limb (HPL)} - \text{Lowest performing Limb (LPL)}}{\text{Highest performance limb (HPL)}} * 100$$
- % asimetria de flexió dorsal de turmell a partir de la fórmula:
$$\frac{\text{Highest motion ankle dorsiflexion (HMADF)} - \text{Lowest motion ankle dorsiflexion (LMADF)}}{\text{LMADF}} * 100$$
- "T-student" de les variables dependents entre GI i GC per analitzar els canvis que ha causat el programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica entre ambdós grups (Taula 8):
 - *p-value* SLVCJ-e i SLVCJ-d
 - *p-value* FDT-e i FDT-d
 - *p-value* % ASI SLVCJ
 - *p-value* VISA-p (dreta i esquerra)
 - *p-value* % ASI FDT

Taula 8. Comparació dels efectes de la intervenció al GI en comparació al GC.

	GC (n=5)	GI (n=6)	<i>p-value</i>
VISA-esquerra			
VISA-dreta			
SLVCJ-d			
SLVCJ-e			
% ASI SLVCJ			
FDT-d			
FDT-e			
% ASI FDT			

- Coeficient de correlació lineal entre resultats obtinguts i factors de risc que presenta la mostra:
 - VISA-e i FDT-e / % ASI SLVCJ / IMC / % ASI FDT / SLVCJ-e
 - VISA-d i FDT-d / % ASI SLVCJ / IMC / % ASI FDT / SLVCJ-d
 - FDT-d i % ASI SLVCJ / IMC / % ASI FDT / SLVCJ-d
 - FDT-e i % ASI SLVCJ / IMC / % ASI FDT / SLVCJ-e
 - % ASI SLVCJ i IMC / % ASI FDT
 - % ASI FDT i IMC

- Comparar les variables segons el sexe (Taula 9):
 - Establir mitjanes de cada variable segons el sexe.
 - Establir *p-value* de les variables entre sexes.

3. Resultats

A causa de la situació excepcional que ha provocat la pandèmia mundial del COVID-19, no s'ha pogut desenvolupar l'objectiu principal donat que no ha estat possible aplicar al GI el programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*). Doncs, aquest s'ha quedat en una proposta. Tot i així, la recollida de dades (prèvies a la intervenció) sobre les característiques i les variables de la mostra (T1) sí que ha estat possible realitzar-la. Per tant, hem pogut analitzar-les per tal d'obtenir els objectius secundaris.

Descripció qualitativa de la intervenció

Tot i no poder aplicar la intervenció en la seva totalitat, sí que va estar possible realitzar la primera i segona setmana del programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*). Les sensacions durant aquestes setmanes d'intervenció han estat molt positives ja que els jugadors/es es van adaptar perfectament a la tècnica i a la càrrega de cada exercici del programa. Aquests, ja s'havien familiaritzat anys enrere amb aquests tipus d'exercicis, i per tant, des de la segona setmana vaig introduir l'execució del treball unilateral. A més, durant el transcurs de les dues setmanes d'intrevisió, cap jugador del GI va mostrar molèsties a les extremitats inferior, ni en les sessions de preparació física ni en l'entrenament a pista. En aquesta línia, sembla ser que el programa d'intervenció no tenia efectes negatius, sinó el contrari.

Anàlisi descriptiu de les variables independents (promig mm desviació estàndard)

En primer lloc, la Taula 10 mostra el promig i la desviació estàndard de les variables independents. En referència al SLVCJ-d i el SLVCJ-e, els jugadors/es han obtingut un promig de $12,83 \pm 1,90$ cm i $13 \pm 1,96$ cm respectivament, amb un % de mitjana de $10,52 \pm 9$ d'asimetria entre les dues cames. En les variables de la VISA-dreta i VISA-esquerra, la mostra total ha obtingut una mitja de $89,45 \pm 10,80$ punt i $87,82 \pm 17$ punts respectivament. Per últim, la FDT dreta i esquerra ha obtingut un promig de $11,59 \pm 3,63$ cm i $11,55 \pm 4,11$ respectivament, amb un % de mitjana de $8,39 \pm 7,86$ d'asimetria entre els dos turmells.

Taula 10. Promig i desviació estàndard de les variables independents.

n	SLVCJ-d (cm)	SLVCJ-e (cm)	Highest performance limb (HPL)	% ASI SLVCJ	VISA-d (punts)	VISA-e (punts)	FDT dret (cm)	FDT esquerra (cm)	% ASI FDT
1	14,60	16,25	E	10,15	80	82	10	10	0
2	14,68	13,22	D	9,94	96	99	16	16	0
3	13,03	13,11	E	0,61	100	100	13	14	7,14
4	11,63	8,87	D	23,73	83	91	6	5	16,66
5	10,17	13,41	E	24	71	88	9	11	18,18
6	11,63	11,56	D	0,60	100	100	11	11	0
7	13,21	12,95	D	1,96	98	97	17	18	5,55
8	10,17	11,51	E	11,64	92	95	16	15	6,25
9	16,34	13,60	D	16,77	74	46	9	7	22,22
10	12,78	13,10	E	0,02	100	100	12,5	13	3,84
11	12,91	15,43	E	16,33	90	68	8	7	12,5
Promig	12,83	13,00		10,52	89,45	87,82	11,59	11,55	8,39
Desviació	1,90	1,96		9,00	10,80	17,00	3,63	4,11	7,86

*VISA = Victorian Institute of Sports Assessment; SLVCJ = Single leg vertical countermovement jump; ASI = Asimetria; FDT = Flexió dorsal de turmell; HPL = Highest performance limb.

Coeficient de correlació lineal entre variables independents

A partir de l'anàlisi de les variables recollides a la T1, s'ha calculat el coeficient de correlació lineal i el corresponent *p-value* entre les diferents variables independents. Tal i com podem observar a la Taula 11 i 12, s'han obtingut les següents correlacions:

- Els que tenen major puntuació a la VISA-p són els que tenen majors valors de flexió dorsal de turmell (en ambdós extremitats inferiors).
- Aquells qui tenen major puntuació a la VISA-p són els que presenten menors valors d'asimetria d'extremitats inferiors (ASI SLVCJ) i menors d'asimetria de flexió dorsal de turmell entre extremitats (ASI FDT).
- Els que tenen major asimetria de flexió dorsal de turmell (ASI FDT) tenen major asimetria entre extremitats inferiors (ASI SLVCJ).
- No s'ha trobat cap correlació rellevant entre les variables i el IMC.
- No s'ha trobat cap correlació rellevant entre els qüestionaris VISA-p i el SLVCJ.
- No s'ha trobat correlació rellevant entre FDT i SLVCJ.
- Aquells qui tenen menor FDT (dret i/o esquerra), presenten majors asimetries de FDT i majors asimetries d'extremitats inferiors (ASI SLVCJ).

Taula 11. Matriu de correlació amb *Pearson's r* i *p-value* entre les variables independents dels jugadors/es.

		IMC (%)	SLVCJ-d	% ASI FDT	VISA-d (punts)	% ASI SLVCJ	FDT dret (cm)	VISA-e (punts)	FDT esquerra (cm)	SLVCJ-e (cm)
IMC (%)	Pearson's r	—								
	p-value	—								
SLVCJ-d	Pearson's r	-0.051	—							
	p-value	0.882	—							
% ASI FDT	Pearson's r	-0.271	-0.017	—						
	p-value	0.420	0.960	—						
VISA-d (punts)	Pearson's r	0.131	-0.081	-0.709	—					
	p-value	0.701	0.813	0.015	—					
% ASI SLVCJ	Pearson's r	-0.113	-0.157	0.743	-0.841	—				
	p-value	0.742	0.645	0.009	0.001	—				
FDT dret (cm)	Pearson's r	0.036	0.012	-0.604	0.617	-0.634	—			
	p-value	0.916	0.972	0.049	0.043	0.036	—			
VISA-e (punts)	Pearson's r	-0.039	-0.528	-0.668	0.665	-0.507	0.523	—		
	p-value	0.908	0.095	0.025	0.025	0.111	0.099	—		
FDT esquerra (cm)	Pearson's r	-0.067	-0.092	-0.609	0.593	-0.639	0.963	0.634	—	
	p-value	0.845	0.788	0.047	0.054	0.034	< .001	0.036	—	
SLVCJ-e (cm)	Pearson's r	0.100	0.484	-0.169	-0.167	-0.122	0.025	-0.387	0.058	—
	p-value	0.770	0.131	0.620	0.623	0.721	0.943	0.239	0.866	—

Taula 12. Coeficients de correlacions lineals positives (en verd les destacades) i negatives (en vermell les destacades) entre les variables independents de la mostra.

Correlacions entre variables	
VISA-e i FDT-e	0,634
VISA-e i % ASI SLVCJ	-0,507
VISA-e i IMC	-0,039
VISA-e i SLVCJ-e	-0,387
VISA-e i % ASI FDT	-0,666
VISA-d i FDT-d	0,617
VISA-d i % ASI SLVCJ	-0,841
VISA-d i IMC	0,131
VISA-d i SLVCJ-d	-0,081
VISA-d i % ASI FDT	-0,707
FDT-d i % ASI SLVCJ	-0,634
FDT-d i IMC	0,036
FDT-d i SLVCJ-d	0,012
FDT-d i % ASI FDT	-0,602
FDT-e i % ASI SLVCJ	-0,639
FDT-e i IMC	-0,067
FDT-e i SLVCJ-e	0,059
FDT-e i % ASI FDT	-0,608
% ASI SLVCJ i IMC	-0,113
% ASI FDT i IMC	-0,270
% ASI FDT i % ASI SLVCJ	0,741

Comparació segons el sexe

A partir de la Taula 13 podem observar la mitjana i *p-value* de cada variable segons el sexe. Tal i com es mostra en els valors de *p-value* (>0,05), no hi ha diferències significatives de les variables independents segons el sexe.

Taula 13. Mitjana i *p-value* de les variables per sexes.

	Noies (n=7)	Nois (n=4)	Total (n=11)	<i>p-value</i>
VISA-esquerra	93,86	77,25	87,82	0,391
VISA-dreta	89,71	89	89,45	0,924
SLVCJ-d	12,71	13,05	12,83	1
SLVCJ-e	12,77	13,41	13	0,788
% ASI SLVCJ	10,14	11,19	9,9	0,927
FDT-d	11,71	11,38	11,59	0,776
FDT-e	12,14	10,5	11,55	0,635
% ASI FDT	6,79	11,2025	8,39	0,391

*VISA = Victorian Institute of Sports Assessment; SLVCJ = Single leg vertical countermovement jump; ASI = Asimetria; FDT = Flexió dorsal de turmell;

4. Discussió

A través de la recerca de l'epidemiologia lesiva del tennis, vem poder observar que les lesions més comuns dels jugadors/es juniors són les de l'extremitat inferior. A més, els estudis mostren que les més típiques són les de genoll de caràcter tendinós, degut al "overuse" (Humphrey et al., 2019; Van der Sluis et al., 2016). A partir d'aquí, vem veure necessari un enfocament precoç de les mesures preventives (Pluim et al., 2016). Per tant, vam estudiar els factors de risc de la tendinopatia rotuliana (TR), per així, abordar-los i entendre millor els factors que predisposen a tenir més probabilitat de sofrir la lesió (Gual, 2016). Seguidament, després de veure l'efecte en la prevenció de la TR que genera l'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (Malliaras et al., 2013), es van analitzar els mètodes per crear-la. A través de la revisió sistemàtica de Yin et al. (2018), es va trobar que l'entrenament "*Heavy Slow Resistance Training (HSR)*" és un mètode de sobrecàrrega excèntrica prometedora per a la prevenció de la TR. D'aquesta forma, vam considerar oportú aplicar un programa d'entrenament *HSR* a una mostra formada per jugadors/es de tennis juniors, per així, analitzar els efectes que aquest produïa en la prevenció de la TR.

En aquesta línia, després de que la pandèmia del COVID-19 no hagi pogut brindar-nos l'oportunitat d'aplicar i analitzar els efectes del programa d'entrenament *HSR* al GI, la intervenció s'ha quedat en una proposta. Tot i així, per tal d'obtenir els objectius secundaris, s'han pogut analitzar les variables que presentava la mostra. L'anàlisi ens ha permès valorar les principals troballes que s'han detectat al present estudi, les quals han estat varies.

En primer lloc, el coeficient de correlació lineal i el corresponent *p-value* entre les diferents variables dependents mostra que els jugadors/es amb major simptomatologia de TR (menors puntuacions a la VISA-p) són els que presenten menor flexió dorsal de turmell (FDT), majors asimetries d'extremitats inferiors (ASI SLVCJ) i majors asimetries de flexió dorsal de turmell (ASI FDT). A més, els jugadors/es que tenen menor ADM de FDT són els que tenen majors asimetries entre extremitats inferiors (tant com de ASI SLVCJ, com de ASI FDT). Per afegiment, aquells/es qui presenten majors asimetries entre extremitats inferiors (ASI SLVCJ), són els que també presenten majors valors d'asimetria de FDT (ASI FDT). Tot i així, cal destacar que no s'han trobat correlacions significatives entre les variables dependents i l'IMC, igual que no s'ha trobat entre la simptomatologia de la TR (VISA-p) i els valors de salt vertical unilateral (SLVCJ). Per últim, l'estudi no ha mostrat diferències significatives de les variables dependents segons el sexe.

En conseqüència, el present estudi indica que un dèficit del rang de moviment de la flexió dorsal de turmell (FDT), una incrementada asimetria d'extremitats inferiors (ASI SLVCJ) i una elevada asimetria de flexió dorsal de turmell entre extremitats (ASI FDT) s'associa a

una major simptomatologia de TR ($p\text{-value} = <0,05$). Malliaras et al. (2006) van mesurar diferents factors de risc de la TR en 113 jugadores de voleibol masculí i femení. D'aquests, l'únic que va estar relacionat amb la tendinopatia rotuliana va estar el dèficit de flexió dorsal de turmell ($p < 0,05$). Segons els autors, com que la relació entre la dorsiflexió de turmell i la contracció excèntrica del múscul del panxell és important en l'absorció de la força de les extremitats inferiors en un salt, el baix rang de dorsiflexió del turmell pot augmentar el risc de tendinopatia rotuliana. Anys més tard, Backman i Danielson (2011) realitzen un estudi amb l'objectiu d'analitzar si un reduïda ADM de dorsiflexió de turmell augmenta el risc de desenvolupar TR a 75 jugadors de bàsquet juniors durant un any. Aquest estudi ens indica que el baix rang de dorsiflexió de turmell és un factor de risc per desenvolupar TR. Seguidament, Sprague et al. (2018) van realitzar un metanàlisi per identificar els factors de risc modificables de la TR. A partir de 31 articles seleccionats, van concloure que hi han proves limitades o contradictòries de que el dèficit de FDT sigui un factor de risc modificable de la TR. En contraposició, Aiyegbusi et al. (2019) van trobar que el dèficit de de FDT era significat ($p = 0,03$) en els jugadors/es de bàsquet i voleibol Nigerians amb simptomatologia de TR.

Per altre banda, el present estudi no ha mostrat relacions entre l'IMC i la simptomatologia de la TR ($p\text{-value} = >0,05$). Tot i així, altres estudis com els de (Lian et al., 2003; Van der Worp et al., 2011; Fairley et al., 2014; Sprague et al., 2018) ens indiquen que un elevat IMC podria associar-se a una major predisposició a la TR. A més, l'estudi tampoc ha mostrat relacions entre valors de SLVCJ amb la simptomatologia de la TR. En contraposició, Helland et al. (2013) van identificar 17 jugadors de voleibol diagnosticats de TR i 18 jugadors sans a partir d'un estudi prospectiu de 5 anys. Durant aquests anys es van analitzar diferents variables, entre elles, els valors de salt a partir del "CMJ". Els resultats van mostrar que els jugadors de voleibol amb TR obtenen majors valors de salt donat que tenen una millor habilitat per utilitzar el cicle d'escurçament-estirament en un salt. En la mateixa línia, els autors ens indiquen que majors valors de salt poden incrementar el risc de TR (Lian et al., 2003; Visnes et al., 2013), en canvi, altres ens assenyalen que l'associació entre majors valors de salt i TR és limitada (Van der Worp et al., 2011).

Per afegiment, no s'han trobat diferències entre sexes en la simptomatologia i factors de risc de la TR ($p\text{-value} = >0,05$). En contraposició, altres estudis (Van der Worp et al., 2011 de Vries et al., 2015) ens indiquen que el sexe masculí és un factor de risc per desenvolupar la TR.

Limitacions de l'estudi

Per una banda, la principal limitació ha estat la proclamació de l'estat d'alerta degut a l'aparició de la pandèmia mundial del COVID-19. En conseqüència, no s'ha pogut desenvolupar l'objectiu principal donat que no ha estat possible aplicar al GI el programa d'entrenament amb sobrecàrrega excèntrica (*Heavy slow resistance training*). Doncs, aquest s'ha quedat en una proposta. Tot i així, la recollida de dades (prèvies a la intervenció) sobre les característiques i les variables de la mostra (T1) sí que ha estat possible realitzar-la. Per tant, hem pogut analitzar-les per tal d'obtenir els objectius secundaris.

Per altre banda, el petit volum de mostra (11 jugadors/es de tennis juniors) ha estat una limitació significativa de l'estudi. Els resultats obtinguts no es poden extrapolar més enllà de la mostra seleccionada. A més, el fet de disposar d'una mostra composta per pocs jugadors/es i el fet de tenir poc equilibri entre el número de jugadors ($n = 4$) i jugadores ($n = 7$) fa que la comparació de les variables dependents entre sexes sigui poc consistent. Per afegiment, la mostra poc numerosa ha causat que hi hagi poca variabilitat del IMC entre els jugadors/es (tots es troben en els valors de la categoria de normopès). En conseqüència, les correlacions i les comparacions de la variable IMC en els seus diferents escenaris han estat poc rellevants.

Finalment, el càlcul del salt vertical a partir del SLVCJ causa que la discussió amb els altres autors (que utilitzen el valors de salt del CMJ o del DJ) no sigui gaire precisa, donat que s'utilitzen diferents variables de mesura. Per exemple, el present estudi utilitza valors de salt unilaterals, mentre que els altres ho fan amb valors bilaterals.

Línies futures

D'entrada, és el primer cop que es calcula la diferència d'ADM de flexió dorsal de turmell entre les extremitats inferiors (ASI FDT). A més, per primera vegada s'associa l'asimetria d'extremitats inferiors (ASI SLVCJ) i l'ASI FDT amb la simptomatologia de la TR. Tot i així, l'escassa mostra de l'estudi causa que no es pugui extrapolar a altres subjectes les elevades asimetries d'extremitat inferior (ASI FDT i ASI SLVCJ) com a factors de risc de la TR. En conseqüència, es requereixen més estudis potencials d'alta qualitat.

En segon lloc, la discrepància entre els diferents autors en referència al dèficit d'ADM de FDT i els elevats valors de salt com a factors de risc de la TR fa que es requereixin més estudis potencials d'alta qualitat en relació a la temàtica.

5. Conclusions

El present estudi indica que el mètode “*Heavy Slow Resistance Training (HSR)*” pot ser un mètode adequat per prevenir la simptomatologia de la TR. A més, s’ha observat que el dèficit del rang de moviment de la flexió dorsal de turmell (FDT), l’increment d’asimetria d’extremitats inferiors (ASI SLVCJ) i l’elevada asimetria de flexió dorsal de turmell entre extremitats (ASI FDT) pot associar-se a una major simptomatologia de TR (*p-value* <0,05). En canvi, no s’han trobat correlacions significatives (*p-value* >0,05) entre l’elevat IMC, els majors valors de salt i el sexe masculí amb la simptomatologia de la TR. Tot i així, l’escassa mostra de l’estudi ha causat que no es puguin extrapolar els resultats obtinguts més enllà de la mostra seleccionada. En conseqüència, es requereixen més estudis potencials d’alta qualitat.

Aplicació pràctica

El mètode “*Heavy Slow Resistance Training (HSR)*” pot ser un mètode adequat per prevenir la simptomatologia de la TR. A més, l’augment de l’ADM de flexió dorsal de turmell i la reducció d’asimetries d’extremitat inferior (ASI SLVCJ i ASI FDT) pot disminuir el risc de TR en els jugadors/es de tennis juniors del Reial Club de Tennis Barcelona.

Agraïments

Vull agrair al Dr. Gabriel Gual per tots els coneixements que m’ha proporcionat la seva tesi doctoral durant la realització del present TFG. Finalment, agraeixo a la Dra. Azahara Fort tot l’esforç i temps que ha dedicat per poder guiar-me. Ella ha estat qui veritablement m’ha motivat i m’ha plantejat els problemes necessaris per poder anar cap endavant amb il·lusió.

6. Referències Bibliogràfiques

- 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 Research & Therapy*, 11(3), 235. doi: 10.1186/ar2723.
- Aiyegbusi, A., Tella, B. & Okeke, C. (2019). Lower Limb Biomechanical Variables Are Indicators of the Pattern of Presentation of Patella Tendinopathy in Elite African Basketball and Volleyball Players. *Revista Brasileira de Ortopedia*, 54(5), 540–548. doi: 10.1055/s-0039-1693743
- Backman, L. & Danielson, P. (2011). Low Range of Ankle Dorsiflexion Predisposes for Patellar Tendinopathy in Junior Elite Basketball Players: A 1-Year Prospective Study. *American Journal Sports Medicine*, 39(12), 2626–33. doi: 10.1177/0363546511420552.
- Balsalobre, C., Glaister, M. & Lockey, RA. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal Sports Science*, 33(15), 1574–79. doi: 10.1080/02640414.2014.996184.
- Bennell, K., Talbot, R., Wajswelner, H., Techovanich, W., Kelly, D. & Hall, AJ. (1998). Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Australian Journal of Physiotherapy*, 44 (3), 175-180. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60377-9](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60377-9).
- 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. DOI: 10.1016/s0094-5765(98)00119-2
- Crossley, M., Thancanamootoo, K., Metcalf, B.R., Cook, J., Purdam, C. & Warden, S. (2007). Clinical Features of Patellar Tendinopathy and Their Implications for Rehabilitation. *Journal of orthopaedic research*, 25(9), 1164-75. DOI: 10.1002/jor.20415
- Curwin, S. & Stanish, WD. (1984). Tendinitis: its aetiology and treatment. *Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 52 (1), 36–41. https://sgsm.ch/fileadmin/user_upload/Zeitschrift/52-2004-1/8-2004-1.pdf
- de Groot, R., Malliaras, P., Munteanu, S. & Maffulli, N. (2012). Foot Posture and Patellar Tendon Pain Among Adult Volleyball Players. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 22(2), 157-9. DOI: 10.1097/JSM.0b013e31824714eb
- de Vries, A.J., van der Worp, H., Diercks, R.L., van den Akker-Scheek, I. & Zwerver, J. (2015). Risk factors for patellar tendinopathy in volleyball and basketball players: A survey-based prospective cohort study. *Scandinavian Journal Medicine Science Sports*, 25(5), 678-84. doi: 10.1111/sms.12294.
- Duchateau, J. & Baudry, S. (2014). Insights into the neural control of eccentric contractions. *Journal Applied Physiology*, 116(11), 1418–25. doi: 10.1152/jappphysiol.00002.2013.
- Dufour, SP., Lampert, E. & Doutreleau, S. (2004). Eccentric cycle exercise: training application of specific circulatory adjustments. *Medicine Science Sports Exercise*, 36(11), 1900–6. DOI: 10.1249/01.mss.0000145441.80209.66
- Fairley, J., Toppi, J., Cicuttini, F., Wluka, A., Giles, G., Cook, J., O'Sullivan, R. & Wang, Y. (2014). Association between obesity and magnetic resonance imaging defined patellar

- tendinopathy in community-based adults: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15 (266). doi: 10.1186/1471-2474-15-266.
- Fort, A., Gual, G., Romero-Rodríguez, D. & Unnitha, V. (2016). Lower Limb Neuromuscular Asymmetry in Volleyball and Basketball Players. *Journal of Human Kinetics*, 50(1), 135-143. DOI: 10.1515/hukin-2015-0150.
 - Fort, A., Bishop, C., Buscà, B., Aguilera, A., Vicens, J. & Gonzalo, O. (2020). Inter-limb asymmetries are associated with decrements in physical performance in youth elite team sports athletes. *PLoS One*, 15(3), e0229440. doi: 10.1371/journal.pone.0229440
 - Gual, G. (2016). *Tendinopatía rotuliana crónica en deportistas: Efectes de l'entrenament de la força amb sobrecàrrega excèntrica*. [Doctoral Dissertation, Universitat Internacional de Catalunya].
https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/383252/Tesi_Gabriel_Gual_Cresp%C3%AD.pdf?sequence=6&isAllowed=y
 - Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero, D. & Tesch, A. (2015). Effects of in-season inertial resistance training with eccentric overload in a sports population at risk for patellar tendinopathy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1834-42. doi: 10.1519/JSC.0000000000001286.
 - Guide to Pediatric Weighing and Measuring. Técnicas de medición para la toma de peso y estatura. U.S. *Department of Health and Human Services*. Disponible a: http://www.cdi.gob.mx/albergues/medicion_peso_talla.pdf
 - Hagglund, M., Zwerver, J. & Ekstrand, J. (2011). Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Elite Male Soccer Players. *American Journal of Sports Medicine*, 39(9), 1906-11. <https://doi.org/10.1177/0363546511408877>
 - Hernández, S. (2015). *Adaptación Transcultural de la Escala Victorian Institute of Sport Assessment – Patella (VISA-P) para la Valoración de la Gravedad de los Síntomas en Población Deportista Española con Tendinopatía Rotuliana*. [Doctoral Dissertation, Universidad de Murcia]. <https://tdx.cat/handle/10803/336673>
 - Helland, C., Bojsen-Møller, J., Raastad, T., Seynnes, OR., Moltubakk, M., Jakobsen, V., Visnes, H. & Bahr, R. (2013). Mechanical properties of the patellar tendon in elite volleyball players with and without patellar tendinopathy. *British Journal Sports Medicine*, 47(13), 862-8. doi: 10.1136/bjsports-2013-092275.
 - Hjelm, N., Werner, S. & Renstrom, P. (2010). Injury risk factors in junior tennis players: a prospective 2-year study. *Scandinavian Journal Medicine Science Sports*, 22(1), 40-48. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01129.x>
 - Hollander, DB., Kraemer, RR., Kilpatrick, MW., Ramadan, Z., Reeves, G., Francois, M., Hebert, E. & Tryniecki, J. (2007). Maximal eccentric and concentric strength discrepancies between young men and women for dynamic resistance exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 34–40. DOI: 10.1519/R-18725.1
 - Horstmann, T., Mayer, F., Maschmann, J., Niess, A., Roecker, K. & Dickhuth, H. (2001). Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle.

Medicine and Science in Sports and Exercise, 33(5), 791-795. DOI: 10.1097/00005768-200105000-00018

- Hopkins, G., Marshall, W., Batterham, M. & Hanin, J. (2009). Progressive Statistics for Studies in Sports Medicine and Exercise Science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-12. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Humphrey, J., Humphrey, P., Greenwood, A., Anderson, J., Markus, H. and Ajuied, A. (2019). Musculoskeletal injuries in real tennis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 10(1), 81–86. doi: 10.2147/OAJSM.S198500
- 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. *Scandinavian Journal Medicine Science Sports*, 19(6), 790-802. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2009.00949.x
- 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 Physiologica*, 191(2), 111-21. DOI: 10.1111/j.1748-1716.2007.01714.x
- Kongsgaard, M., Qvortrup, K., Larsen, J. (2010). Fibril morphology and tendon mechanical properties in patellar tendinopathy: effects of heavy slow resistance training. *American Journal Sports Medicine*, 38(4), 749–56. DOI: 10.1177/0363546509350915
- Kovacs, M., Pluim, B., Groppe, J., Crespo, M., Roetert, E. P., Hainline, B., & Jones, T. (2016). Health, Wellness and Cognitive Performance Benefits of Tennis. *Journal of Medicine and Science in Tennis*, 21(1), 14–21. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1485620>
- Kovacs M., Paul E. & Ellenbecker T. (2014). Injury Trends in American Competitive Junior Tennis Players. *Journal of Medicine & Science in tennis*, 19(1), 19-23. https://www.researchgate.net/publication/280067532_Injury_Trends_in_American_Competitive_Junior_Tennis_Players
- Larsson, M., Käll, I., & Nilsson-Helander, K. (2012). Treatment of patellar tendinopathy—A systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 20(8), 1632-46. DOI: 10.1007/s00167-011-1825-1
- Lian, O., Refsnes, P.E., Engebresten, L. & Bahr, R. (2003). Performance characteristics of volleyball players with patellar tendinopathy. *American Journal Sports Medicine*, 31(3), 408-13. DOI: 10.1177/03635465030310031401
- Lorenzen, J., Krämer, R., Vogt, PM. & Knobloch, K. (2010). Systematic review about eccentric training in chronic patella tendinopathy. *Sportverletzung Sportschaden : Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-traumatologische Sportmedizin*, 24(4), 198-203. DOI: 10.1055/s-0029-1245818.
- Maffulli, N., Orth, F., Longo, U. G., Maffulli, N., Orth, F., Longo, U. G., & Denaro, V. (2010). Long-Term health outcomes of youth sports injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 44(1), 21–25. doi: 10.1136/bjsm.2009.069526.

- Malliaras, P., Cook, J.L. & Kent, P. (2006). Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. *Journal Science Medicine Sports*, 9(4), 304-9. DOI: 10.1016/j.jsams.2006.03.015
- Malliaras, P., Cook, J.L. & Kent, P. (2007). Anthropometric risk factors for patellar tendon injury among volleyball players. *British Journal Sports Medicine*, 41(4), 259-263. DOI: 10.1136/bjism.2006.030049
- Malliaras, P., Barton, C.J., Reeves, N.D. & Langberg, H. (2013). Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports Medicine*, 43(4), 267-86. doi: 10.1007/s40279-013-0019-z.
- Malliaras, P., Cook, J., Purdam, C. & Rio, E. (2015). Patellar tendinopathy: clinical diagnosis, load management, and advice for challenging case presentations. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 45(11), 887-98. doi: 10.2519/jospt.2015.5987.
- Mann, J., Edwards, S., Drinkwater, E. & Stephen, P. (2013). A Lower Limb Assessment Tool for Athletes at Risk of Developing Patellar Tendinopathy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45 (3), 527-533. doi: 10.1249/MSS.0b013e318275e0f2
- Meylan, C., McMaster, T., Cronin, J., Mohammad, N., Rogers, C. & de Klerk, M. (2009). Single-Leg Lateral, Horizontal, and Vertical Jump Assessment: Reliability, Interrelationships, and Ability to Predict Sprint and Change-of-Direction Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (4), 1140-1147. doi: 10.1519/JSC.0b013e318190f9c2
- Moreno, V., Hernández, S., Fernández, J., Del Coso, J. & Francisco J. (2018). Incidence and conditions of musculoskeletal injuries in elite Spanish tennis academies: a prospective study. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 655-665. doi: 10.23736/S0022-4707.18.08513-4.
- Norrbrand, L., Fluckey, J.D., Pozzo, M. & Tesch P.A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 102(3), 271-81. DOI: 10.1007/s00421-007-0583-8
- Pearson, S.J. & Hussain S.R. (2014). Region-specific tendon properties and patellar tendinopathy: a wider understanding. *Sports Medicine*; 44(8): 1101-12. DOI: 10.1007/s40279-014-0201-y
- Perkins, R. & Davis, D. (2006). Musculoskeletal Injuries in Tennis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 17(3), 609-31. DOI: 10.1016/j.pmr.2006.05.005
- Pluim, B. M., Staal, J. B., Windler, G. E., & Jayanthi, N. (2006). Tennis injuries: Occurrence, aetiology, and prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 415–423. DOI: 10.1136/bjism.2005.023184
- Pluim, B. M., Miller, S., Dines, D., Renström, P. A., Windler, G., Norris, B., & Martin, K. (2007). Sport science and medicine in tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 41(11), 703–704. DOI: 10.1136/bjism.2007.040865

- Pluim, BM., Loeffen, FG., Clarsen, B., Bahr, R. & Verhagen, EA. (2016). A one-season prospective study of injuries and illness in elite junior tennis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(5), 564-71. doi: 10.1111/sms.12471.
- Reeves, ND., Maganaris, CN., Ferretti, G. & Narici, MV. (1985). Influence of 90-day simulated microgravity on human tendon mechanical properties and the effect of resistive countermeasures. *Journal of Applied Physiology*, 98(6), 2278-2286. DOI: 10.1152/japplphysiol.01266.2004
- Reeves, ND., Narici, MV. & Maganaris, CN. (2003). Strength training alters the viscoelastic properties of tendons in elderly humans. *Muscle & Nerve*, 28(1), 74-81. DOI: 10.1002/mus.10392
- Romero, D. & Tous, F. (2010). *Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento óptimo*. Médica Panamericana D.L. <https://www.medicapanamericana.com/es/libro/prevencion-de-lesiones-en-el-deporte>
- Scoot, A., Backman L. & Speed C. (2015). Tendinopathy: Update on Pathophysiology. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 45 (11), 833-41. DOI: 10.2519/jospt.2015.5884
- Sprague, A., Smith, A., Knox, P., Pohlig, R. & Silbernagel, K. (2018). Modifiable Risk Factors for Patellar Tendinopathy in Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis. *British Journal Sports Medicine*, 52(24), 1575–1585. doi: 10.1136/bjsports-2017-099000
- Tous, J. (2010). *Entrenamiento de la fuerza mediante sobrecargas excéntrica. Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento óptimo*. Médica Panamericana D.L. <https://www.medicapanamericana.com/es/libro/prevencion-de-lesiones-en-el-deporte>
- Universidad de los Andes. (2009). Protocolo para la toma y registro de medidas antropométricas. *National Institute for Early Education Research*. <http://nieer.org/wp-content/uploads/2016/10/2010.NIEER-Manual-Antropometria.pdf>
- Van der Sluis, A. (2016). *Risk factors for injury in talented soccer and tennis players*. [Doctoral dissertation, University of Groningen]. Recuperat a: https://www.sportengeneeskunde.nl/files/Artikelen/Proefschriften/Proefschrift_Alien_van_der_Sluis.pdf
- Van der Worp, H., Zwerver., J., van Ark, M., Roerink, S. & van den Akker-Scheek, I. (2011). Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 45(5), 446-52. <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2011.084079>
- Van der Worp, H., de Poel HJ., Diercks RL., van den Akker-Scheek I. & Zwerver J. (2014). Jumper's knee or lander's knee? A systematic review of the relation between jump biomechanics and patellar tendinopathy. *International Journal of Sports Medicine*, 35(8), 714-22. DOI: 10.1055/s-0033-1358674
- 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. DOI: 10.1016/s1440-2440(98)80005-4

- Visnes, H., Aandahl, H. & Bahr, R. (2013). Jumper's knee paradox—jumping ability is a risk factor for developing jumper's knee: a 5-year prospective study. *British Journal of Sports Medicine*, 47 (1), 503-507. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2012-091385>
- Wang, J., Guo Q. & Li, B. (2012). Tendon biomechanics and mechanobiology –a minireview of basic concepts and recent advancements. *Journal of hand Therapy*, 25(2), 133-40. doi: 10.1016/j.jht.2011.07.004.
- Yin, H., & Hui, S. (2018). Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiotherapy Research International*, 23(4), e1721. doi: 10.1002/pri.1721.
- Young, M., Cook, J., Purdam, CR., Kiss, Z. & 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 Sports Medicine*, 39(2), 102-5. doi: 10.1136/bjism.2003.010587
- 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. *American Journal Sports Medicine*, 39(9), 1984-8. doi: 10.1177/0363546511413370.

7. ANNEXES

7.1. Consentiment informat



INFORMACIÓ AL PARTICIPANT

INTRODUCCIÓ

Sóc en Jordi Dalmau, estudiant de 4rt de CAFE i 3r de Fisioteràpia de la Facultat Blanquerna (Ramon Llull). Des d'aquest document, vull transmetre que esteu invitats a participar en aquesta investigació científica.

NATURALESIA INTERVENCIÓ

La investigació consisteix en administrar-vos un programa d'entrenament excèntric basat en l'eficaç mètode "Heavy Slow Resistance". Aquest es realitzarà un cop per setmana durant 6-8 setmanes (dins de l'horari de preparació física que cadascú de vosaltres tingui programat).

OBJECTIUS (per que es fa)

L'objectiu de la investigació és analitzar els efectes d'un programa d'entrenament de sobrecàrrega excèntrica en la prevenció de tendinopaties patelars en tennistes juniors.

RISCOS: No s'han detectat.

BENEFICIS INTERVENCIÓ:

- Prevenir de la tendinopatia rotuliana.
 - Possible millora de força.
 - Ser partíceps d'una metodologia d'entrenament basada en l'evidència científica.
-
- EN TOT MOMENT TENS EL DRET A DECIDIR SI VOLS PARTICIPAR O NO EN LA INVESTIGACIÓ. POTS ABANDONAR LA INVESTIGACIÓ SEMPRE QUE HO VULGUIS (DRET A RETIRAR-SE).**
 - LA INVESTIGACIÓ ÉS ANÒNIMA. EN CAP CAS SORTIRÀ EL NOM DEL VOLUNTARI (CONFIDENCIALITAT DE DADES).**
 - TENIU EL DRET DE DEMANAR ELS RESULTATS DE LA INVESTIGACIÓ.**



Atorgació consentiment

Investigador principal: Jordi Dalmau

Títol del projecte: Treball de final del grau (CAFÉ)

Centre: Blanquerna (Ramon Llull)

Dades del participant

Nom:

Persona que proporciona la informació i la fulla de consentiment

Nom:

1. Declaro que he llegit la fulla d'Informació al Participant sobre l'estudi citat.
2. Se m'ha entregat una còpia de la fulla d'Informació al Participant i una còpia d'aquest Consentiment Informat, datat i firmat. Se m'ha explicat les característiques i l'objectiu de l'estudi, així com els possibles beneficis i riscos del mateix.
3. He tingut l'oportunitat i el temps necessari per realitzar preguntes i plantejar dubtes que em sorgien. Totes les preguntes van ser respostes a la meua sencera satisfacció.
4. Se m'ha assegurat que es mantindrà la confidencialitat de les meves dades.
5. El consentiment l'atorgo de forma voluntària i sóc conscient de que em puc retirar lliurement de la investigació quan vulgui i per qualsevol raó.

DONQ

NO DONQ

El meu consentiment per a la participació de l'estudi proposat.

Firmo per duplicat, quedant-me una còpia.

Data: **Firma del participant**

Data: **Firma de l'assentament del menor**

"Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio y sus riesgos y beneficios potenciales a la persona cuyo nombre aparece escrito más arriba. Esta persona otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento".

Data:

Firma del investigador o la persona que proporciona la informació i la fulla de consentiment:

Quan el subjecte sigui un menor d'edat:

"Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio, sus riesgos y beneficios potenciales a la persona responsable legal del menor, que el menor ha sido informado de acuerdo a sus capacidades y que no hay oposición por su parte". El responsable legal otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento.

Data:

Firma del Investigador o la persona que proporciona la informació i la fulla de consentiment:

