



## **Università degli Studi di Padova**

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA  
PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

### **TESI DI LAUREA**

**L'EFFICACIA DELL'ESERCIZIO TERAPEUTICO SUL DOLORE E  
SULLA FUNZIONE IN SOGGETTI CON TENDINOPATIA ROTULEA.  
UNA REVISIONE NARRATIVA.**

(THE EFFICACY OF THERAPEUTIC EXERCISE ON PAIN AND FUNCTION IN SUBJECTS  
WITH PATELLAR TENDINOPATHY. A NARRATIVE REVIEW.)

RELATORE: Prof. Ceron Daniele  
Correlatore: Dott. Pasiannotto Luca

LAUREANDO: Scaldaferrì Enrico

Anno Accademico 2023/2024

# INDICE

RIASSUNTO .....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUZIONE.....	7
1.1 - Definizione e inquadramento generale .....	7
1.2 - Epidemiologia.....	7
1.3 - Problem statement .....	7
1.4 - Scopo della revisione.....	7
1.5 - Domande di ricerca.....	8
1.6 - Ipotesi di ricerca .....	8
2. Background .....	9
2.1 - Architettura del tendine .....	9
2.2 - Proprietà meccaniche di un tendine.....	11
2.3 - Come si adatta un tendine.....	13
2.4 - Patofisiologia.....	15
2.5 - Presentazione clinica e diagnosi .....	16
2.5.1 - Il dolore nella tendinopatia .....	17
2.6 - Test e scale di valutazione .....	18
2.7 - Fattori di rischio.....	20
2.8 - Metodi di trattamento della tendinopatia rotulea.....	21
2.8.1 - Trattamento conservativo .....	21
2.8.2 - Trattamento chirurgico .....	23
3. Materiali e metodi .....	24
3.1 - Strategie di ricerca .....	24
3.2 - Criteri di selezione.....	25
4. Risultati .....	26
4.1 - Caratteristiche degli studi .....	35
4.1.1 - Caratteristiche dei partecipanti .....	35

4.1.2 - Misure di outcome per il dolore.....	36
4.1.3 - Misure di outcome per la funzione .....	36
5. DISCUSSIONE.....	37
5.1 - Effetti acuti sul dolore .....	37
5.1.1 - Implicazioni nella pratica clinica.....	38
5.2 - Effetti cronici sul dolore e sulla funzione.....	40
5.2.1 - Effetti a 4 settimane .....	40
5.2.2 - Effetti da 12 a 52 settimane .....	43
5.2.3 - Considerazioni generali .....	49
6. CONCLUSIONI.....	51
6.1 - Limitazioni.....	53
6.2 - Prospettive di ricerca future.....	54
ALLEGATI.....	56
BIBLIOGRAFIA .....	58

## RIASSUNTO

**Background:** la tendinopatia rotulea (PT) è una condizione caratterizzata da dolore localizzato e riduzione della funzione, frequentemente osservata in atleti coinvolti in sport con alte richieste di carico sul tendine (energy-storage and release), ripetute nel tempo, come salti e cambi di direzione. Sebbene l'esercizio terapeutico sia considerato il trattamento conservativo d'elezione, la letteratura riporta prove contrastanti su quale modalità sia la più efficace per gestire questa patologia.

**Disegno dello studio e Scopo/Ipotesi:** questa revisione narrativa mira a identificare l'efficacia delle diverse tipologie di esercizio terapeutico nel ridurre il dolore e migliorare la funzione nei soggetti con tendinopatia rotulea. Si ipotizza che tutte le modalità d'esercizio siano efficaci, ma che l'approccio basato sul *Progressive Tendon-Loading Exercise* (PTLE) possa offrire i risultati migliori.

**Materiali e Metodi:** la ricerca è stata condotta sui database PubMed, EBSCO, CINAHL, SPORDiscus e Scopus, includendo studi clinici randomizzati (RCT) pubblicati tra il 2014 e il 2024. Gli studi dovevano includere soggetti sportivamente attivi d'età  $\geq 16$  anni con una diagnosi clinica di PT, prevedere che almeno un intervento fosse basato sul solo esercizio e utilizzare almeno una misura di outcome tra il questionario VISA-P e la scala VAS o NRS. I partecipanti degli studi non dovevano presentare condizioni concomitanti o aver subito precedenti interventi chirurgici a livello del tendine rotuleo.

**Risultati:** tutte le modalità di esercizio terapeutico analizzate (eccentrico - ECC, isometrico - ISO, *heavy slow resistance training* - HSRT, *progressive tendon-loading exercise* - PTLE, e *inertial flywheel resistance training* - IFRT) si sono dimostrate efficaci nel ridurre il dolore e migliorare la funzione nei soggetti con PT. Non è emersa una chiara superiorità di una modalità sull'altra, ma è stato evidenziato che il sovraccarico progressivo è il fattore cruciale per il successo terapeutico. Dopo 12 settimane, l'HSRT ha riportato i migliori risultati in termini di riduzione del dolore e miglioramento della funzione, con evidenze riprodotte in almeno due studi, sebbene non statisticamente superiori rispetto ad altre modalità come ECC, PTLE e IFRT. Questi risultati sottolineano l'importanza di adattare il carico in modo progressivo e personalizzato, piuttosto che privilegiare una specifica modalità di contrazione.

**Conclusioni:** l'esercizio terapeutico rappresenta un intervento fondamentale nella gestione della tendinopatia rotulea. L'elemento determinante per il successo è un sovraccarico progressivo adeguato, indipendentemente dalla modalità specifica utilizzata. Prospettive di ricerca future nella gestione della PT sono state identificate.

**Parole chiave:** tendinopatia, esercizio, dolore, funzione, tendine rotuleo, VISA-P, VAS, NRS.

## ABSTRACT

**Background:** Patellar tendinopathy (PT) is a condition characterized by localized pain and reduced function. It is frequently observed in athletes involved in sports with high demands of tendon loading (energy storage and release) that are repetitive over time, such as jumping and changes of direction. Although therapeutic exercise is considered the conservative treatment of choice, the literature reports conflicting evidence on which modality is the most effective to manage this pathology.

**Study Design and Purpose/Hypothesis:** This narrative review aims to identify the efficacy of different types of therapeutic exercise in reducing pain and improving function in subjects with patellar tendinopathy. It hypothesizes that all exercise modalities are effective, but the Progressive Tendon-Loading Exercise (PTLE) approach may offer the best results.

**Materials and Methods:** The search was conducted on PubMed, EBSCO, CINAHL, SPORDiscus and Scopus databases, including randomized clinical trials (RCTs) published between 2014 and 2024. The studies had to include sportingly active subjects aged  $\geq 16$  years with a clinical diagnosis of PT, foresee that at least one intervention was based on exercise alone and use at least one outcome measure between the VISA-P questionnaire and the VAS or NRS scale. The study participants had to have no concomitant conditions or previous patellar tendon surgery.

**Results:** All therapeutic exercise modalities analyzed (eccentric - ECC, isometric - ISO, heavy slow resistance training - HSRT, progressive tendon-loading exercise - PTLE, and inertial flywheel resistance training - IFRT) proved effective in reducing pain and improving function in subjects with PT. There was no clear superiority of one modality over the other, but it was highlighted that progressive overload is a crucial factor for therapeutic success. After 12 weeks, HSRT reported the best results in terms of pain reduction and improved function, with evidence reproduced in at least two studies, although not statistically superior to other modalities such as ECC, PTLE and IFRT. These results underline the importance of adapting the load in a progressive and personalized way, rather than privileging a specific contraction modality.

**Conclusions:** Therapeutic exercise is a fundamental intervention in the management of patellar tendinopathy. The key element for success is adequate progressive overload, regardless of the specific modality used. Future research perspectives in the management of PT have been identified.

**Keywords:** tendinopathy, exercise, pain, function, patellar tendon, VISA-P, VAS, NRS.

# ABBREVIAZIONI

*Tabella 1 - Definizioni delle abbreviazioni usate nel testo*

<b>Abbreviazione</b>	<b>Definizione</b>
BFRT	Blood Flow Restriction Training
BW	Body weight
CMJ	Counter movement jump
COD	Cambi di direzione
CSA	Cross-sectional area
ECC / EET	Esercizio eccentrico
ESWT	Extracorporeal Shockwave Therapy
F	Femmina
IFRT	Inertial Flywheel Resistance Training
ISO	Esercizio Isometrico
HSRT	Heavy Slow Resistance Training
LLLT	Low Level Laser Therapy
LR +/-	Likelihood ratio +/-
M	Maschio
MCID	minimum clinically important difference
MSRT	Moderate Slow Resistance Training
NRS	Numeric Rating Scale
PT	Tendinopatia rotulea
PTLE	Progressive tendon loading exercise
QF	Quadricipite Femorale
RM	Repetition Maximum
RPE	Rating of Perceived Exertion
RT	Resistance Training
RTS	Return to sport
SLDS	Single Leg Declined Squat
TUT	Time under tension
VAS	Visual Analogue Scale
VISA-P	Il Victorian Institute of Sport Assessment – Patellar questionnaire
WBV	Whole Body Vibration
WLC	WaitList Control

# **1. INTRODUZIONE**

## **1.1 - Definizione e inquadramento generale**

La tendinopatia rotulea (PT) viene definita come una patologia caratterizzata da dolore localizzato al polo inferiore della rotula e dalla perdita di funzione, correlata ad attività che inducono uno stress meccanico a livello del tendine/legamento rotuleo/patellare [1]. La PT può avere un impatto negativo sulla salute mentale, sulla qualità della vita, sul lavoro, sulla partecipazione sociale e sportiva, portando a una prolungata assenza fino al ritiro forzato dalle competizioni [2,3]. Viene spesso riscontrata negli atleti ai quali sono richieste ripetute performance di salto, sprint e/o cambi di direzione (COD) in base al modello prestativo del singolo sport, con una consistente necessità del tendine di riuscire ad accumulare e rilasciare energia in un breve lasso di tempo (stretch and shortening cycle).

## **1.2 - Epidemiologia**

La tendinopatia rotulea si riscontra soprattutto in atleti d'età compresa tra i 15 e i 30 anni [2], con una prevalenza del 11,2% nel sesso femminile e del 17% in quello maschile [4]. Nella popolazione sportivamente attiva si ha una prevalenza di PT del 18,3%, mentre nella popolazione generale è limitata (circa 0,1%) [4]. Gli sport in cui si riscontra maggiormente sono pallavolo, pallacanestro e calcio, con una prevalenza rispettivamente del 24,8%, 20,8% e 6,1% [4]

## **1.3 - Problem statement**

In letteratura, ad oggi, sono presenti studi eterogenei che indagano l'efficacia dell'esercizio terapeutico per diminuire il dolore e migliorare la funzione nei soggetti sportivamente attivi affetti da PT; le prove dei vari studi supportano tesi discordanti riguardo a quale sia la modalità d'esercizio, o una combinazione di esse, che sia da prediligere rispetto alle altre nel trattamento di questa patologia.

## **1.4 - Scopo della revisione**

L'obiettivo principale di questa revisione è:

- Identificare e valutare l'efficacia delle diverse tipologie di esercizio terapeutico nella gestione del dolore e nel miglioramento della funzione nei soggetti con tendinopatia rotulea.

Un obiettivo secondario è:

- Confrontare l'efficacia delle varie modalità d'esercizio terapeutico studiate fino ad oggi in letteratura, identificando le lacune nella ricerca esistente e prospettive per le indagini future.

## **1.5 - Domande di ricerca**

Le Principali domande di ricerca sono:

- Quali sono le tipologie di esercizio terapeutico efficaci nel trattamento della tendinopatia rotulea in soggetti sportivamente attivi?
- Quale tipologia di esercizio terapeutico è più efficace nel ridurre il dolore e migliorare la funzionalità nei soggetti con tendinopatia rotulea?
- Esiste una tipologia d'esercizio che possa candidarsi come gold standard per il trattamento della tendinopatia rotulea?
- Quali sono le limitazioni comuni negli studi attuali presenti in letteratura riguardo a questo argomento?
- Quali sono i topic sui quali si dovrà concentrare la ricerca per delineare future linee guida riguardo all'intervento terapeutico basato sull'esercizio?

## **1.6 - Ipotesi di ricerca**

Si ipotizza che l'esercizio terapeutico sia efficace nella riduzione del dolore e miglioramento della funzione nei soggetti aventi tendinopatia rotulea e che la modalità d'intervento basata sul "progressive tendon loading exercise" (PTLE) sia la modalità che possa presentare i migliori risultati.

## 2. Background

### 2.1 - Architettura del tendine

La struttura del tendine è organizzata in modo gerarchico e multi-unitario ([Figura 1](#)); procedendo dal micro al macroscopico, l'unità strutturale di partenza è la fibrilla di collagene formata da singole molecole di collagene. Più fibrille assieme formano una fibra di collagene; a loro volta, più fibre di collagene vanno a costituire un fascio primario. Sia le singole fibre sia i fasci primari vengono avvolti da un fine strato di tessuto connettivo denominato endotenonio [5,6] in cui sono allocati i vasi sanguigni, vasi linfatici e nervi che nutrono e innervano il tendine [6]. Proseguendo, si vengono a formare i fasci secondari, dati dall'aggregazione di più fasci primari; anche i fasci secondari sono contenuti dall'endotenonio. Infine, più fasci secondari andranno a costituire i fasci terziari, quest'ultimi avvolti da epitenonio, che assieme al paratenonio, vanno a formare il peritenonio (a volte sostituito da un foglietto sinoviale a seconda del tendine) [6,7]. Questa "guaina tendinea" va a delimitare il tendine vero e proprio, conferendogli protezione dalla frizione con i tessuti adiacenti. Funzionalmente, il tendine trasmette le forze sviluppate dalla contrazione muscolare direttamente all'osso mediante due giunzioni, la giunzione muscolo-tendinea e la giunzione osteo-tendinea, quest'ultima anche detta entesi. La giunzione muscolo-tendinea connette il tendine al muscolo, è ricca di recettori nervosi ed è sottoposta a grande stress meccanico durante la trasmissione della forza contrattile muscolare [7]. L'entesi è caratterizzata da una transizione graduale del tendine a cartilagine fino a divenire osso lamellare [7,8]. I meccanocettori all'interno del tendine sono concentrati nella sua porzione inserzionale e nella giunzione miotendinea[9].

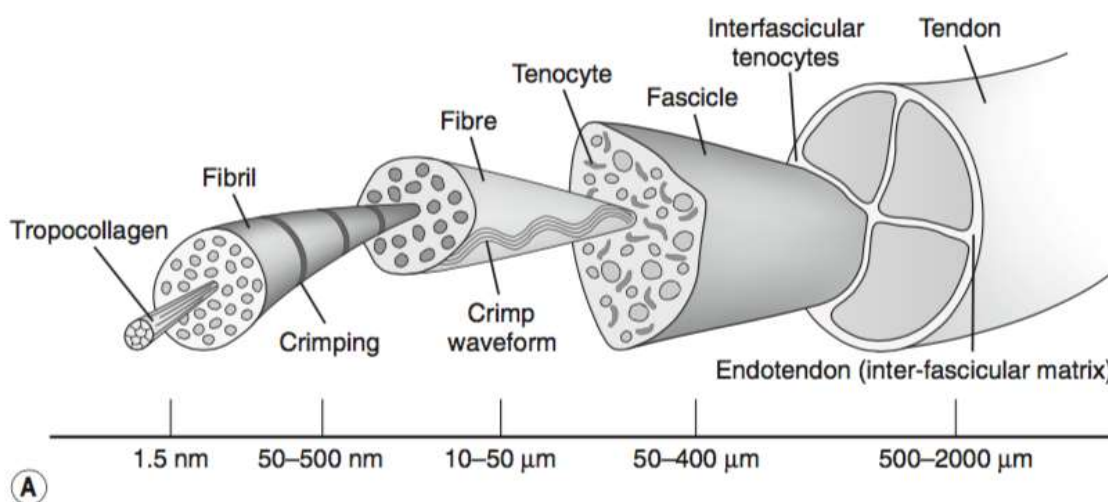


Figura 1 - Struttura tendinea (da Physiopedia) [10]

Il tendine microscopicamente è formato da due componenti: la matrice extracellulare e la componente cellulare. La matrice extracellulare è composta da fibre di collagene di tipo I (circa il 60-85% del peso tendineo a secco), collagene di tipo III, elastina (1-2%), da proteoglicani, glicoproteine, altri sottotipi di collagene (tipo V, VI, IX, X e XI) e acqua [3,7]. Il collagene di tipo I, orientato longitudinalmente rispetto all'asse del tendine, risulta essere organizzato in maniera arricciata (crimp configuration in letteratura) all'interno della matrice, conferendo al tendine resistenza alla trazione [3,6,7]. L'elastina contenuta all'interno del tendine contribuirebbe al recupero della crimp configuration dopo uno stress in allungamento delle fibre di collagene [6]. Infine, proteoglicani e glicoproteine contribuiscono, assieme alle altre componenti, a conferire le peculiari proprietà viscoelastiche che contraddistinguono il tessuto tendineo. I proteoglicani ritengono l'acqua nella matrice, resistono alle forze compressive e faciliterebbero lo scivolamento fibrillare durante la deformazione meccanica, mentre le glicoproteine contribuiscono alla stabilità meccanica della matrice attraverso le interazioni con il collagene [6], trasferendo le forze lateralmente tra fibrille adiacenti [11].

La componente cellulare principale è rappresentata da tenoblasti e tenociti (fibroblasti) arrangiati longitudinalmente tra le fibre di collagene. La componente cellulare è responsabile del controllo del metabolismo tendineo, ovvero la formazione e degradazione della matrice extracellulare (ECM); i tenociti sono in grado di recepire il carico tensile al quale il tendine viene sottoposto, che agisce come segnale per la produzione di collagene (meccanotrasduzione) [3,6,11]. Inizialmente, nel tendine sano, le fibre collagene di tipo I danneggiate dallo stress meccanico vengono sostituite momentaneamente con collagene di tipo III, che possiede una resistenza meccanica inferiore dovuta alla minor organizzazione strutturale; con il tempo le fibre di tipo III vengono rimpiazzate in secondo momento da nuove fibre collagene di tipo I [3]. Il turnover del collagene, o l'integrazione di nuovo collagene, nel tendine sembra essere limitato dopo lo sviluppo scheletrico [12].

## 2.2 - Proprietà meccaniche di un tendine

Le proprietà meccaniche di un tendine vengono descritte dallo **strain** (deformazione), che descrive l'allungamento del tendine ( $\Delta L$ ) rispetto alla lunghezza normale ( $L_0$ ) ( $\text{Strain} = \Delta L/L_0$ ); dallo **stress**, la forza applicata al tendine ( $F_t$ ) rispetto all'area trasversale del tendine (cross sectional area; CSA) ( $\text{Stress} = F_t/CSA$ ), la **stiffness** (rigidità), la variazione della lunghezza del tendine ( $\Delta L$ ) rispetto alla forza applicata ( $\Delta F_t$ ) ( $\text{Stiffness} = \Delta F/\Delta L$ ) e il **modulo di Young**, che descrive la relazione tra stress del tendine e lo strain del tendine e rappresenta le proprietà indipendentemente dalla CSA [ $\text{Modulo} = \text{Stress}/\text{Strain} = (F_t/CSA)/(\Delta L/L_0)$ ] [13]. Un modulo elevato indica un tessuto più rigido. La stress-strain curve descrive il comportamento del tendine quando viene sottoposto a trazione meccanica [6]. Nel grafico s'identifica una regione iniziale detta "toe region" che definisce un intervallo entro il quale le fibre perdono progressivamente la loro organizzazione arricciata (crimp pattern; [Figura 2](#)) all'aumentare dello stress al quale viene sottoposto il tendine. La curva in questa regione esprime una resistenza non lineare delle fibre collagene arricciate (traiettoria curvilinea) [14]. Superato il ~2% dell'allungamento tendineo, si ha la seconda regione del grafico denominata "regione elastica" in cui le fibre collagene sono completamente stirate e allineate parallelamente [6,14]; la pendenza della regione lineare è definita come modulo di Young del tendine [6]. In questa regione il tendine mostra il suo comportamento elastico; nel momento in cui il carico tensile esterno viene rimosso il tendine ritorna alla sua lunghezza originale [14]. Se il tendine è teso oltre il 4%, si verifica una lacerazione microscopica delle fibre collagene del tendine. Con stiramenti che superano l'8-10% si possono causare danni macroscopici al tessuto e infine la rottura, in cui il tendine non ritorna alle sue dimensioni, forma e lunghezza originali [6,14].

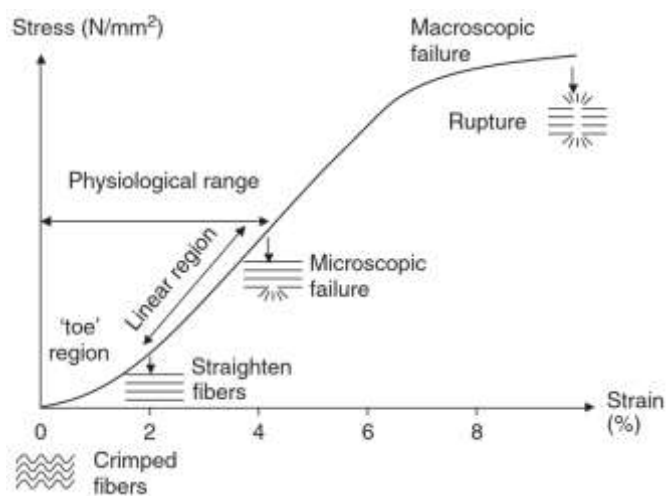


Figura 2 - Stress-Strain Curve (da Wang et al. 2006) [6]

Il tendine, dal punto di vista funzionale, possiede proprietà viscoelastiche, immagazzina e rilascia energia, comportandosi come una molla [8]. La viscoelasticità si riferisce al comportamento meccanico dipendente dal tempo; la relazione tra stress e deformazione risulta essere dipendente dal tempo di spostamento o carico [13]. Tre caratteristiche principali descrivono il comportamento viscoelastico del tendine: creep, stress relaxation e l'isteresi o dissipazione di energia [6]. Il creep indica una deformazione crescente sotto carico costante (Figura 3A). Ciò è in contrasto con il solito materiale elastico, che non si allunga, indipendentemente dalla durata dell'applicazione del carico [13]. Lo stress relaxation descrive lo stress che il tendine percepisce quando viene sottoposto a deformazione costante; come espresso nel grafico della Figura 3B, lo stress che percepisce il tendine si riduce [13]. L'isteresi descrive la perdita di energia durante il ciclo di carico-scarico del tendine; questa perdita di energia si manifesta come una differenza tra l'energia assorbita durante l'allungamento e l'energia rilasciata durante il rilassamento (Figura 3C-D) [13]. Quando un materiale viscoelastico viene caricato e scaricato, la curva di scarico è diversa dalla curva di carico. Se il carico e lo scarico vengono ripetuti più volte, si ottengono curve diverse. Tuttavia, dopo circa 10 cicli, la quantità di isteresi sotto carico ciclico viene ridotta e la curva sforzo-deformazione diventa riproducibile [13].

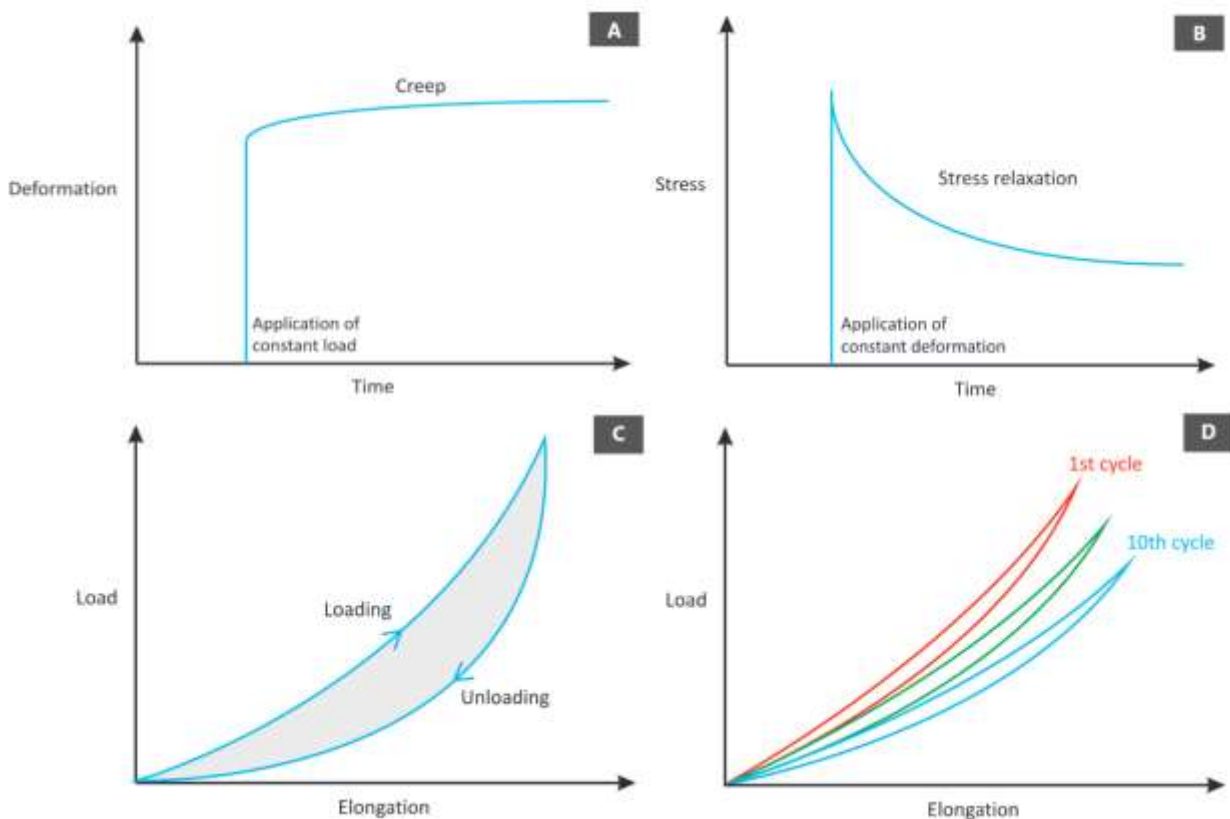


Figura 3 - Creep (A) stress relaxation (B) Hysteresis (C-D) (da Robi et al. 2013) [13]

## 2.3 - Come si adatta un tendine

L'adattamento di un tendine è principalmente guidato dall'applicazione o dall'assenza di stimoli meccanici [12]. I tendini possono avere una risposta paradossale al carico al quale vengono sottoposti; il carico può indurre un adattamento positivo o negativo (sviluppo della patologia e del dolore del tendine) in base allo strain (deformazione) subito e al proprio punto meccanostatico [12]. Il punto meccanostatico altro non è che la soglia che determina se il carico applicato (percepito dal tendine come strain/deformazione) induce una risposta adattiva o disadattiva [12]. Il punto meccanostatico è un concetto strettamente legato alla capacità di carico di un tessuto definita da Cook e Docking come: *"la capacità di eseguire movimenti funzionali al volume e alla frequenza richiesti senza esacerbare le lesioni o causare lesioni ai tessuti"* [15]. Il "punto meccanostatico", è stato proposto come un fenomeno dinamico, il quale può essere aumentato con l'applicazione appropriata del carico o diminuito in assenza di quest'ultimo [12]. Mentre una sottostimolazione o un carico spropositato a lungo termine può causare un maladattamento, un carico appropriato determina una risposta adattativa e un cambiamento positivo del "punto meccanostatico" (Figura 4) [12]. Nel caso della tendinopatia, la capacità dei tendini di tollerare il carico è limitata dal dolore, determinando una riduzione del carico. Questa riduzione del carico influisce negativamente sulle proprietà strutturali e meccaniche del tendine, con un conseguente disadattamento e uno spostamento del "punto meccanostatico" dei tendini [12].

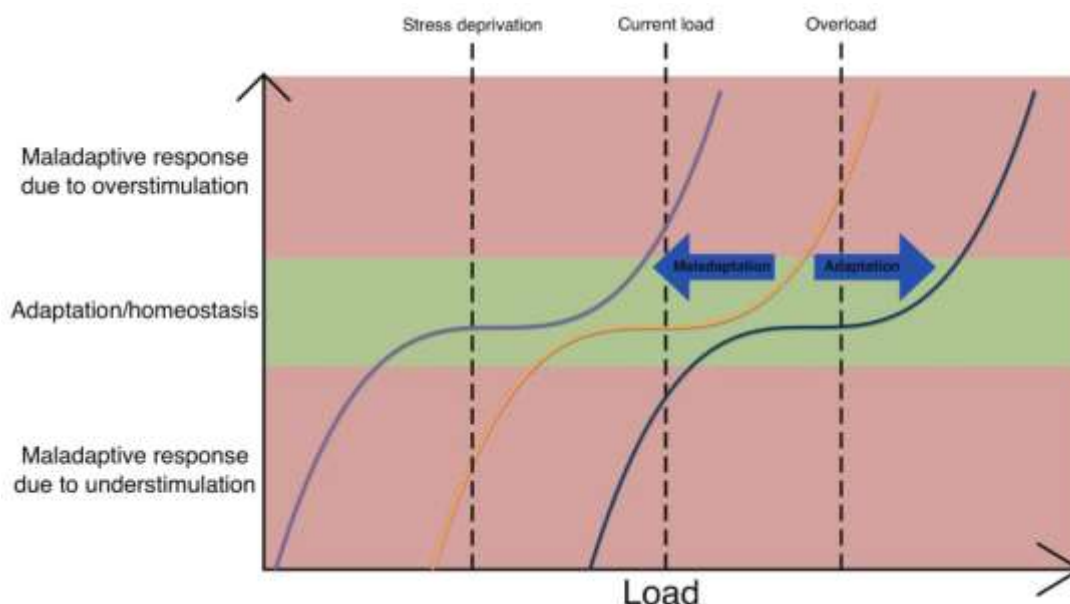


Figura 4 - schema che rappresenta la variazione del punto meccanostatico in base alla privazione di carico o al sovraccarico percepito dal tendine e conseguente adattamento (da Docking et al. 2019; [12])

Ciò che non è attualmente chiaro è quanta deformazione sia sufficiente per indurre un adattamento positivo o quanta sia eccessiva per indurre uno negativo [14], sia in tendini sani, sia patologici. Alcuni autori hanno suggerito che grandezze di deformazione del 4,5-6,5% potrebbero essere le più appropriate per indurre cambiamenti nelle proprietà meccaniche e morfologiche dei tendini Achilleo e rotuleo, dove una deformazione pari al 9-12% delinea il limite superiore, oltre il quale si ha una rottura parziale o totale delle fibre tendinee [14].

Come riportato dall'articolo di McMahon e colleghi, quando si prescrive un allenamento di resistenza, non si può presumere a priori che eseguendo l'allenamento a una certa % 1RM, si indurrà necessariamente una deformazione del tendine adeguata ad indurre un adattamento positivo, per via della discrepanza tra la forza dell'individuo rispetto alle proprietà meccaniche dei suoi tendini [14]. Ad esempio, in un individuo che è relativamente debole ma ha un tendine relativamente rigido (stiff), la deformazione massima del tendine indotta con esercizi di resistance training (RT) al 70% del 1RM o MVIC, ad esempio, potrebbe risultare in una sollecitazione insufficiente (<4%) per indurre l'adattamento [14]. Contrariamente, al 70% del 1RM o MVIC si potrebbe essere in grado di sollecitare il tendine a una maggiore entità (~9%) se l'individuo ha una buona forza muscolare ma un tendine più flessibile [14]. McMahon e colleghi suggeriscono che sia necessario personalizzare la valutazione del rapporto stress-deformazione del tendine di una persona se si vuole indirizzare adeguatamente l'adattamento meccanico per garantire che venga indotta una deformazione sufficiente e che, pertanto, il descrittore di allenamento dovrebbe essere relativo al tessuto di interesse che, nel caso del tendine, potrebbe essere la percentuale di deformazione (strain) e non la % del 1RM/MVIC, valida per il muscolo [14].

## 2.4 - Patofisiologia

Cook e Purdam nel 2009 descrivono la tendinopatia tramite un modello che propone una continuità tra 3 stage: tendinopatia reattiva (reactive tendinopathy), disriparazione tendinea (tendon dysrepair) e tendinopatia degenerativa (degenerative tendinopathy) ([Figura 5A](#)) [16]. I tre stadi della patologia vengono descritti come intercambiabili e concomitanti; in un tendine rotuleo degenerato si può presentare una combinazione di questi stadi ([Figura 5B-C](#)), identificando aree di tessuto tendineo degenerato e un conseguente sovraccarico del tessuto sano circostante che può sviluppare successivamente una tendinopatia reattiva [17]. La tendinopatia reattiva viene descritta come una risposta proliferativa non infiammatoria nella cellula e nella matrice che si verifica a seguito di un sovraccarico tensile o compressivo a carico del tendine che causa una lesione strutturale delle fibrille di collagene [16]. Le cellule tendinee si attivano, producendo primariamente proteoglicani, aumentando il volume d'acqua della matrice e aiutando il tessuto a resistere alle forze compressive (con l'acqua aumenta la CSA del tendine) [18], mentre l'integrità del collagene viene per lo più mantenuta e non vi è alcun cambiamento nelle strutture neurovascolari [16]. Questa risposta è un adattamento a breve termine al sovraccarico che ispessisce il tendine, riduce lo stress e aumenta la rigidità (stiffness). Il tendine ha il potenziale per tornare alla normalità se il sovraccarico è sufficientemente ridotto o se c'è un tempo sufficiente tra le sessioni di carico. Nel momento in cui i tendini sono esposti cronicamente a volumi o entità di carico (tensione, compressione, attrito) che vanno oltre la loro capacità fisiologica e/o con un recupero tra le sessioni inadeguato, subiscono cicli cumulativi di lesioni strutturali delle fibrille di collagene, infiammazioni e riparazioni, che causano dolore e gonfiore (tendinopatia) [5]. Inizialmente queste alterazioni strutturali possono risultare clinicamente asintomatiche [3]. In questa fase viene prodotto collagene di tipo III che agisce come una rapida "toppa" per proteggere l'area del danno, conferendo una resistenza biomeccanica inferiore e un allineamento irregolare delle fibrille. Successivamente, nel tendine normale, il collagene di tipo I sostituisce il collagene di tipo III e riprende la disposizione strutturata lineare, ma nel tessuto tendinopatico, questo meccanismo di riparazione è compromesso e si ha un aumento dell'accumulo di collagene di tipo III, conseguente perdita di organizzazione strutturale e alterazioni nella composizione fibrocartilaginea con deposizione di proteine della matrice aggiuntive [3], con possibile infiltrazione vascolare e crescita neuronale associata nel tentativo di rigenerazione [16,18]. Questi adattamenti vengono identificati da Cook et al. come disriparazione tendinea, secondo stage del modello [16]. Se protratti nel tempo, questi adattamenti comportano la produzione sempre maggiore di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e un aumentato stress ossidativo correlato che porta ad apoptosi cellulare e a una progressiva degenerazione tendinea, terzo stadio descritto da Cook e Purdam [16].

L'apoptosi cellulare porta alla formazione di "isole" di acellularità e ampie aree disordinate della matrice piene di vasi (aree reattive) intervallate da tendine strutturalmente e funzionalmente sano [16]. C'è poca capacità di reversibilità dei cambiamenti patologici in questa fase poiché l'area degenerativa del tendine risulta incapace di percepire gli stimoli meccanici e, quindi, di adattarsi [12]. Nonostante questo, è stato dimostrato un miglioramento/normalizzazione delle proprietà della struttura del tendine (es. segnale Doppler, UTC) a seguito di interventi basati sul carico indotto dall'esercizio; tuttavia, questi cambiamenti non sono correlati a miglioramenti clinici [5,12,19,20].

Senza entrare nel merito delle numerose vie di segnale intra e intercellulare che mediano i meccanismi patogenetici della tendinopatia, ad oggi ancora poco compresi, è plausibile constatare che infiammazione e degenerazione lavorino insieme nello sviluppo della tendinopatia [7].

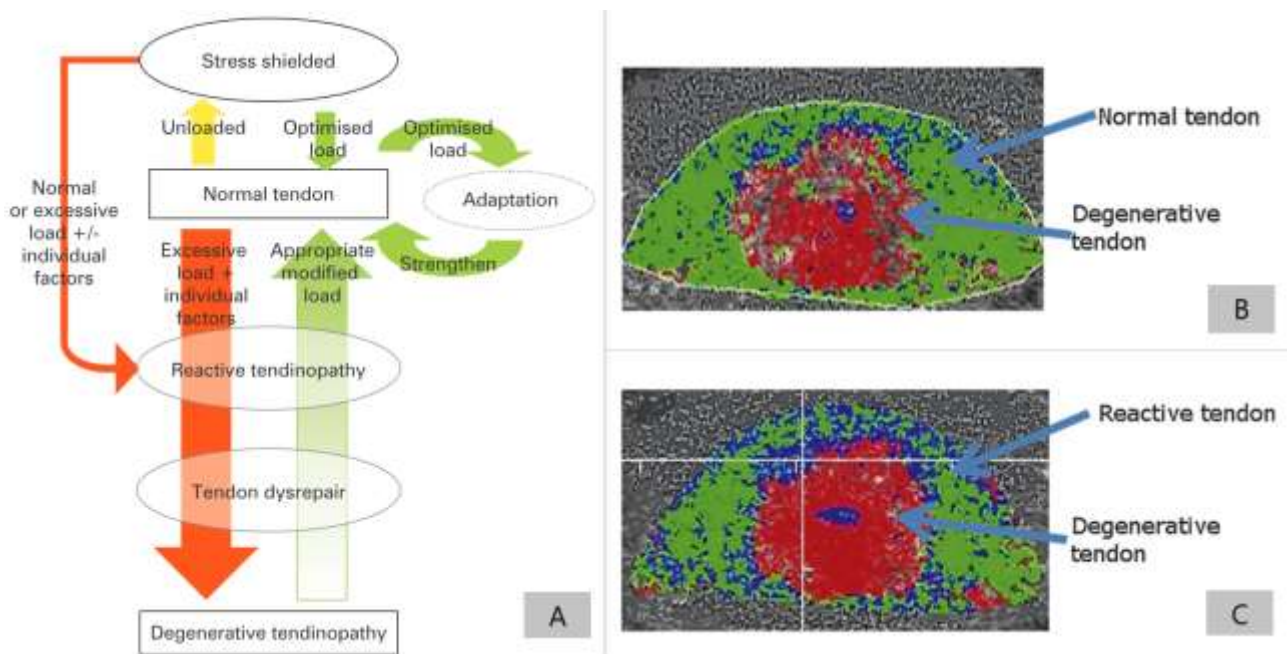


Figura 5 - Continuum model Theory (A) (da Cook et al. 2009; [16]), Ultrasonic Tissue Characterization tendine rotulea degenerato, in verde tessuto sano, in blu tessuto reattivo, in rosso tessuto degenerato (B-C) (da Rudavsky et al. 2014; [17])

## 2.5 - Presentazione clinica e diagnosi

La diagnosi di tendinopatia rotulea è da affidare in larga parte alla clinica; il paziente presenta graduale insorgenza del dolore spesso riconducibile al cambiamento dei carichi di allenamento / intensità [2,21] e/o correlabile a un inadeguato recupero, presentando dolore con un pattern on/off in attività a carico degli estensori del ginocchio. Un esempio nella vita quotidiana possono essere gesti come scendere dalle scale, accovacciarsi, eseguire un affondo o sedersi su una sedia, mentre nell'ambito sportivo possono esserlo attività come saltare, atterrare, decelerare e cambiare direzione di corsa. Il dolore classicamente si presenta ad inizio attività, migliorando con il carico ripetuto

(fenomeno del “warm up”) [2] per poi ripresentarsi acutizzato a seguito del termine dell’attività o il giorno seguente, e persistere per qualche giorno [17]. Eseguire una accurata indagine sulla storia del dolore è fondamentale quando si sospetta una tendinopatia, passando poi ad analizzare altri criteri diagnostici come la dolorabilità alla palpazione del polo inferiore della rotula, riproduzione dei sintomi durante test di provocazione del dolore (Royal London Hospital Test, Single Leg Declined Squat; SLDS) [21] ai quali possono essere associate alterazioni strutturali rilevate tramite mezzi di imaging come ad esempio un inspessimento tendineo, alterazioni nel segnale ecogenico, incrementato segnale nella risonanza magnetica (MRI) e neo-vascularizzazione al color o power Doppler [22]. L’indagine strumentale non è a oggi considerata fondamentale per far diagnosi. Bisogna precisare che il riscontro di anomalie nel tendine all’imaging non è sempre associato a dolore o perdita di funzionalità [21], anzi, sono riscontrabili alterazioni all’imaging in un’alta percentuale di individui asintomatici fisicamente attivi [2]. Alla luce di ciò, i clinici dovrebbero sfruttare le indagini strumentali per fare rule out se ci fosse il sospetto di patologie co-esistenti o per fare luce su quadri clinici in cui l’anamnesi e l’esame clinico non sono chiari [2,21] anziché utilizzare questi strumenti come principale mezzo per porre una diagnosi. Infatti, l’utilizzo non ponderato di indagini strumentali può essere inutile o perfino dannoso poiché potrebbe andare potenzialmente ad aumentare l’ansia e la gravità percepita dal paziente qualora la comunicazione dei risultati delle immagini non fosse appropriata, favorendo così trattamenti non necessari e/o più invasivi [21].

### **2.5.1 - Il dolore nella tendinopatia**

Il dolore tendinopatico non trova completa spiegazione nelle caratteristiche che definiscono il dolore nocicettivo<sup>1</sup>: da una parte, alcuni aspetti della tendinopatia si adattano più chiaramente a questa tipologia di dolore, come ad esempio il dolore che rimane confinato al tendine e che risulta strettamente collegato temporalmente al carico tissutale (pattern on/off), mentre altri, come la cronicizzazione del dolore, una soglia dolore meccanico alla pressione significativamente più basse e la sua presenza in attività di vita quotidiana (scendere le scale o sedersi su una sedia) che normalmente non risulterebbero dolorose, possono far pensare a fenomeni di sensibilizzazione centrale [9,17], tipici del dolore nociplastico<sup>2</sup>. Come spiega Rio et al. 2014, la tendinopatia è spesso una condizione cronica e, come in altre condizioni di dolore cronico, c’è una disconnessione tra il

---

<sup>1</sup> Definizione della IASP del dolore nocicettivo: “*Pain that arises from actual or threatened damage to non-neural tissue and is due to the activation of nociceptors*”[23]

<sup>2</sup> Definizione della IASP del dolore nociplastico: “*Pain that arises from altered nociception despite no clear evidence of actual or threatened tissue damage causing the activation of peripheral nociceptors or evidence for disease or lesion of the somatosensory system causing the pain. Note: Patients can have a combination of nociceptive and nociplastico pain*” [23].

danno tissutale osservato nell'imaging e la presentazione clinica [9]. Ne sono prova il riscontro di anomalie strutturali nei tendini di soggetti asintomatici, così come l'assenza di quest'ultime in tendini di soggetti aventi dolore tendineo [17,22], suggerendo così che il dolore tendineo non sia esclusivamente dovuto a cambiamenti nei tessuti locali [17,22].

In uno studio successivo Rio et al. 2015 hanno osservato che in soggetti aventi tendinopatia rotulea si ha una maggiore inibizione muscolare corticale del quadricipite rispetto ai soggetti di controllo [24]. Nello stesso studio, a seguito dell'intervento di trattamento (isometrie pesanti) la riduzione del dolore è stata accompagnata da una riduzione dell'inibizione corticale, fornendo informazioni su una potenziale correlazione tra inibizione corticale muscolare e dolore.

È plausibile, di conseguenza, che il dolore tendinopatico sia da ricondurre più probabilmente a un'interazione tra tessuto locale, sistema nervoso periferico e centrale [9,22,24].

Le reti neurali del SNP e del SNC sono plastiche e sono influenzate dall'uso, dalle lesioni, dal dolore e dalla malattia, come testimonia la possibilità di sviluppare sensibilizzazione centrale a seguito di un'attività nocicettiva periferica sostenuta per molto tempo [9]. Sebbene questi meccanismi siano stati studiati e accertati in altre problematiche di dolore, ad oggi poche ricerche si sono concentrate sul capire più affondo i meccanismi che sottendono le caratteristiche del dolore tendineo [9].

## **2.6 - Test e scale di valutazione**

Nella pratica clinica, fare diagnosi di tendinopatia rotulea non è così semplice; ci sono diverse patologie che possono generare dolore sulla faccia anteriore del ginocchio con le quali bisogna fare diagnosi differenziale. Alcune di queste sono la patellofemorale pain syndrome, la tendinopatia quadricipitale, Osgood Schlatter (età atleta 10-15 anni), la sindrome del corpo adiposo di Hoffa, sublussazione della rotula e borsite rotulea [21]. Strumenti che possono tornare utili nella valutazione clinica sono la palpazione del polo inferiore della rotula, il Royal London Hospital test [25], il Single Leg Declined Squat test (SLDS), e il VISA-P questionnaire [26] in aggiunta a una approfondita anamnesi della storia pregressa di dolore al tendine rotuleo [21,26].

Per la palpazione e il Royal London Hospital test il paziente viene posto supino. La palpazione si effettua partendo a livello dell'origine del tendine rotuleo, sul polo inferiore della rotula e lungo tutta la sua lunghezza, da prossimale a distale. Al paziente viene richiesto di riferire la dolorabilità alla palpazione [25]. Per quanto riguarda il Royal London Hospital test, si esegue una palpazione del tendine con il ginocchio esteso richiedendo al paziente di comunicare quando la palpazione risulta dolente, dopodiché si esegue la palpazione nuovamente con il ginocchio flesso a 90°. Il test viene

considerato positivo se il dolore risulta notevolmente ridotto o assente durante la palpazione a ginocchio flesso [25].

Il SLDS ([Figura 6](#)) viene eseguito in appoggio monopodalico su una tavola inclinata di 25 gradi, al paziente viene chiesto di mantenere il tronco eretto e di accovacciarsi fino a 90 gradi, se possibile. Il test viene eseguito anche in piedi sulla gamba non interessata. Per ogni gamba, viene registrato l'angolo massimo di flessione del ginocchio raggiunto, punto in cui il dolore viene registrato su una scala analogica visiva. Dal punto di vista diagnostico, il dolore dovrebbe rimanere isolato alla giunzione tendine/osso del polo inferiore della rotula e non diffondersi durante questo test [17].



*Figura 6 - Single-leg decline squat eseguito con il tronco verticale, fino ai 90° di flessione di ginocchio o al massimo angolo concesso dal dolore (da Malliaras et al. 2015; [2])*

Il Victorian Institute of Sport Assessment – Patellar (VISA-P) può essere utilizzato sia in fase di valutazione per valutare la sintomatologia, la funzione e la partecipazione sportiva del soggetto, sia in una seconda fase di re-test, valutando così l'efficacia dell'intervento a distanza di tempo. Sei domande valutano il livello di dolore durante le attività quotidiane e i test funzionali su una scala analogica visiva (VAS) da 0 a 10, con 10 che rappresenta la salute ottimale, mentre le ultime due forniscono informazioni sulla partecipazione sportiva. Il punteggio massimo è di 100 punti, il punteggio teorico più basso è 0 e meno di 80 punti corrispondono a disfunzione [17]. Hernandez-Sanchez et al. hanno stimato una minimum clinically important difference (MCID) di 13 punti [27]. La MCID rappresenta la soglia minima al di sopra della quale un cambiamento in un parametro clinico (come il dolore, la funzionalità, la qualità della vita) è ritenuto rilevante dal punto di vista clinico.

Mendonça et al. nel 2016 hanno voluto indagare l'accuratezza diagnostica del VISA-P questionnaire, del SLDS e della storia pregressa di dolore tendineo, età e anni di partecipazione sportiva per identificare gli atleti con tendine patellare sintomatico. Gli autori hanno riscontrato i seguenti risultati: un negative Likelihood Ratio (LR-) per anomalie al tendine rotuleo pari a 0,3 in un campione di atleti che risultano negativi a tutti e tre i test (CART model) e un positive Likelihood Ratio (LR+) di 4.2 / 4.5 / 2.1 rispettivamente per l'uso isolato del SLDS, della storia di dolore tendineo o del questionario VISA-P [26]. Da questo studio emerge che il CART model, ovvero l'utilizzo associato dei 3 test, può essere un valido strumento per escludere la presenza di anomalie del tendine patellare.

In un altro studio del 2017, Maffulli et al. hanno indagato la sensibilità e la specificità della palpazione e del Royal London Hospital test nel porre diagnosi di tendinopatia rotulea [25]. Il test di palpazione ha riscontrato una sensibilità e specificità pari a 98% e 94% [25]; Già Cook et al. nel 2001 avevano indagato questi parametri, individuando però valori significativamente inferiori, pari rispettivamente al 68% e al 9% [28]. Per quanto riguarda il Royal London Hospital test, si sono riscontrati valori di sensibilità e specificità rispettivamente del 88% e 98% [25].

## **2.7 - Fattori di rischio**

La pubertà può fornire una importante opportunità durante la quale il tendine può adattarsi costruendo nuovo tessuto di collagene ed essere condizionato a tollerare carichi elevati più avanti nella vita poiché sembra che, come precedentemente detto, con il raggiungimento della maturità scheletrica sia limitata la capacità di turnover o l'integrazione di nuovo collagene [12]. L'inattività durante la pubertà quindi può essere considerato un primo fattore di rischio per lo sviluppo di tendinopatia, poiché l'individuo potrebbe non aver sviluppato abbastanza tessuto tendineo per tollerare carichi elevati [12].

In letteratura si riscontra che gli uomini hanno una probabilità di sviluppare PT pari al doppio di quella del sesso opposto, suggerendo il sesso maschile come un fattore di rischio non modificabile da tenere in considerazione [29]. Questo potrebbe essere spiegato dal fatto che il tendine rotuleo femminile sarebbe esposto a un minor carico per via della minore forza quadricipitale e capacità di salto espressa dalle donne [29].

In una review sistematica del 2011 di van der Vorp et al. vengono identificati nove possibili fattori di rischio per lo sviluppo di tendinopatia rotulea quali: maggior peso (BW) e indice di massa corporea (BMI), rapporto vita-fianchi, differenza di lunghezza delle gambe, minor altezza dell'arco plantare, minor flessibilità del quadricipite e dei muscoli posteriori della coscia, minore forza del quadricipite e maggiore prestazione nel salto verticale; gli autori però dichiarano che il numero e la qualità metodologica generale degli studi risulta essere bassa [30]. In una successiva revisione sistematica e

metanalisi si sono andati ad analizzare studi prospettici e trasversali che avevano indagato possibili fattori di rischio modificabili, nel tentativo di implementare il lavoro svolto da van der Vorp et al. Sono emerse limitate o contrastanti evidenze che identificano come potenziali fattori di rischio modificabili i seguenti parametri: una diminuita dorsi-flessione di caviglia, una diminuita flessibilità della muscolatura della loggia posteriore della coscia e del quadricipite, un maggior volume di allenamento di salto, più sets di pallavolo giocati per settimana, una maggiore altezza nelle prove di counter movement jump (CMJ) e un più alto volume di attività svolta, mentre si è visto che un maggior peso corporeo non è significativamente associato a un aumentato rischio di tendinopatia rotulea [31]. Dall'analisi degli studi trasversali, gli autori hanno riscontrato da moderate a contrastanti prove a sostegno che un maggior volume di allenamento della forza settimanale, migliori prestazioni nel salto, una minore forza degli estensori d'anca, un rapporto di affaticamento in estensione del ginocchio ridotto e un'eccitabilità corticospinale alterata dei quadricipiti possono essere ritenuti potenziali fattori modificabili associati [31]. Ad ogni modo bisogna considerare che, al fine prestativo, andare a modificare alcuni di questi parametri, come ad esempio l'abilità di salto di un atleta, è da considerarsi controproducente. Inoltre, nella revisione, non vengono indicate eventuali soglie di cut off per i sopracitati parametri che possano essere prese come riferimento per considerare l'atleta a rischio [31], come ad esempio quanto volume settimanale di allenamento della forza è da considerarsi correlato a un aumentato rischio di sviluppare PT, quanto volume settimanale di attività o quale tipologia/intensità di attività.

Anche la superficie di gioco viene descritta come fattore di rischio, suggerendo che superfici di gioco più morbide, come la sabbia nel beach volley, riduce il rischio di PT [29].

## **2.8 - Metodi di trattamento della tendinopatia rotulea**

### **2.8.1 - Trattamento conservativo**

Secondo le linee guida Olandesi sul dolore anteriore al ginocchio, pubblicate su KSSTA nel luglio 2024, nella gestione della tendinopatia rotulea si predilige, almeno in prima istanza, un approccio conservativo, dove l'esercizio terapeutico è da considerarsi il trattamento d'elezione [32]. Trattamenti conservativi aggiuntivi dovrebbero essere presi in considerazione qualora non vi siano stati cambiamenti clinicamente rilevanti dopo almeno 12 settimane d'esercizio [32]; un esempio di tali interventi aggiuntivi sono: l'iniezione di plasma ricco di piastrine (PRP), crioterapia, bendaggio rotuleo, farmaci antinfiammatori non steroidei (NSAIDs), corticosteroidi, iniezioni di aprotinina, iniezioni sclerosanti con un irritante chimico, cerotti di gliceril trinitrato (GTN), terapia extracorporea con onde d'urto (ESWT) [29], ortesi, ultrasuoni a bassa intensità, elettrolisi percutanea e dry

needleling [32]. Nel presente capitolo saranno descritte solo le principali modalità d'intervento basate sull'esercizio terapeutico, essendo quest'ultime il topic di ricerca.

### 2.8.1.1 - L'esercizio terapeutico

Diverse tipologie d'esercizio, o una combinazione di esse, sono state analizzate in letteratura nel corso degli anni, mostrando effetti benefici nei pazienti con tendinopatia cronica Achillea e rotulea [3]. Le metodiche più annoverate in letteratura sono l'esercizio eccentrico (ECC) e isometrico (ISO), e a seguire l'Heavy Slow Resistance Training (HSRT). Altre metodiche ad oggi meno studiate nel trattamento della tendinopatia rotulea sono il Progressive Tendon-Loading Exercise (PTLE), l'Inertial Flywheel Resistance Training (IFRT) e il Blood Flow Restriction Training (BFRT) [33–35].

L'intervento fisioterapico mediante esercizio terapeutico è il trattamento più sostenuto in letteratura. Tuttavia, risulta esserci incertezza rispetto alla tipologia d'esercizio che dovrebbe essere somministrata, oltre a conoscenza limitata circa l'efficacia dei diversi programmi d'esercizio; frequenza, intensità, tipo e fattori temporali, nonché la durata della terapia di esercizio continuata dopo il ritorno all'attività (sport/lavoro) [32]. Nelle linee guida multidisciplinari olandesi, malgrado il basso livello di evidenza, il gruppo di esperti sostiene l'uso dell'esercizio terapeutico come prima scelta, suggerendo l'implemento di un piano di trattamento basato su 4 stage ([Figura 7](#)), come proposto da Rudavsky et al. [17,32]:

- Stage 1: gestione del dolore, educazione del paziente e consigli sui carichi di allenamento/lavoro;
- Stage 2: programma d'esercizio contro resistenza per il quadricipite per almeno 12 settimane aggiustando di continuo l'intensità d'esercizio in base alla risposta del paziente, l'HSRT è preferito, possono essere utilizzate diverse tipologie di contrazione (es. isometriche) per minimizzare la risposta dolorifica reattiva;
- Stage 3: accumulo energetico/stretch shortening cycle: inizio e progressione con esercizi pliometrici in base alle richieste dello sport specifico;
- Stage 4: mantenimento della forza muscolare.

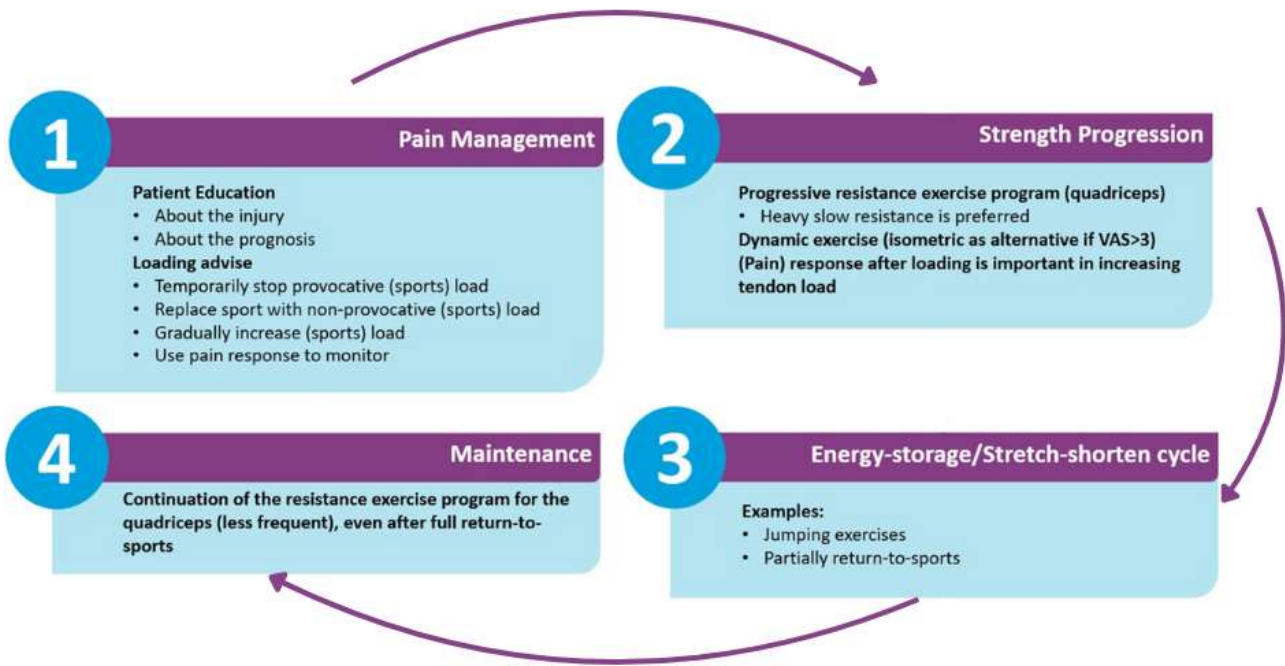


Figura 7 - piano di trattamento su 4 step per tendinopatia rotulea (da Opey et al. 2024; [32])

## 2.8.2 - Trattamento chirurgico

La KSSTA suggerisce di prendere in considerazione l'intervento chirurgico solo qualora il paziente continui a manifestare sintomi persistenti e invalidanti e limitazioni funzionali dopo almeno 6 mesi dall'inizio del trattamento conservativo [32]. In letteratura vengono riportate due metodiche di trattamento chirurgico: il debridement in artroscopia e la chirurgia "a cielo aperto", con tassi di successo rispettivamente del 91% e dell'87% [29]. Il tempo di return to sport (RTS) al livello pre-infortunio è stato significativamente inferiore (3,9 mesi in media) dopo il trattamento artroscopico rispetto alla chirurgia aperta (8,3 mesi in media) [29]. Sebbene non vi siano linee guida chiare in letteratura su quale tecnica sia superiore, le tecniche artroscopiche sono più comunemente preferite a causa della loro natura meno invasiva [29].

### 3. Materiali e metodi

#### 3.1 - Strategie di ricerca

La ricerca in letteratura è stata condotta dall'inizio gennaio a metà luglio 2024, consultando i database PubMed, EBSCO, CINAHL, SPORDiscus e Scopus. In tabella 2 viene esplicitato il modello PICOS di riferimento, mentre in tabella 3 sono riportate le stringhe di ricerca per ogni database consultato.

*Tabella 2 - Modello PICOS*

<b>P</b> = Popolazione d'interesse	Individui sportivamente attivi con tendinopatia rotulea
<b>I</b> = Intervento	Esercizio terapeutico
<b>C</b> = Controllo	/
<b>O</b> = Outcome	VISA-P, VAS, NRS, reduced pain
<b>S</b> = Tipologia di Studio	Radomized Controlled Trial (RCT)

*Tabella 3 - Termini di Ricerca*

Database	Stringa di ricerca
<b>Pubmed</b>	("patellar ligament/injuries"[MeSH Terms] OR "patellar ligament/pathology"[MeSH Terms] OR "jumper's knee"[All Fields] OR "patellar tendinopathy"[All Fields] OR "patellar tendonitis"[All Fields] OR "patellar tendinosis"[All Fields]) AND ("Exercise"[MeSH Terms] OR "Exercise Therapy"[MeSH Terms] OR "Plyometric Exercise"[MeSH Terms] OR "Exercise Therapy"[All Fields] OR "resistance training"[All Fields] OR "plyometric exercise*" [All Fields] OR "isometric exercise*" [All Fields] OR "concentric exercise*" [All Fields] OR "eccentric exercise*" [All Fields] OR "rehabilitation exercise*" [All Fields] OR "therapeutic exercise*" [All Fields] OR "resistance exercise*" [All Fields] OR "jump training"[All Fields] OR "HSR"[All Fields] OR "heavy slow resistance training"[All Fields] OR "BFR"[All Fields] OR "blood flow restriction training"[All Fields] OR "motor task*" [All Fields] OR "PTLE"[All Fields] OR "progressive tendon-loading exercise*" [All Fields]) AND ("athletic performance"[MeSH Terms] OR "muscle strength"[MeSH Terms] OR "Pain Management"[MeSH Terms] OR "Return to Sport"[MeSH Terms] OR "Pain Management"[MeSH Terms] OR "recovery of function"[MeSH Terms] OR "reduced pain"[All Fields] OR "Return to Sport"[All Fields] OR "return to performance"[All Fields] OR "return to play"[All Fields] OR "pain relief"[All Fields] OR "pain control"[All Fields] OR "pain mitigation"[All Fields] OR "analgesia"[All Fields] OR "relieved pain"[All Fields] OR "alleviated pain"[All Fields] OR "diminished pain"[All Fields] OR "reactive strength index"[All Fields] OR "RSI"[All Fields] OR "CMJ"[All Fields] OR "counter movement jump"[All Fields] OR "rate of force development"[All Fields] OR "RFD"[All Fields] OR "peak power"[All Fields] OR "peak strength"[All Fields] OR "VISA-P"[All Fields] OR "VISA P"[All Fields])

<b>Ebscohost:</b> <b>Cinahl &amp;</b> <b>Sportdiscuss</b>	("patellar ligament injuries" OR "patellar ligament pathology" OR "jumper's knee" OR "patellar tendinopathy" OR "patellar tendonitis" OR "patellar tendinosis") AND ("Exercise" OR "Exercise Therapy" OR "Plyometric Exercise" OR "Exercise Therapy" OR "resistance training" OR "plyometric exercise*" OR "isometric exercise*" OR "concentric exercise*" OR "eccentric exercise*" OR "rehabilitation exercise*" OR "therapeutic exercise*" OR "resistance exercise*" OR "jump training" OR "HSR" OR "heavy slow resistance training" OR "BFR" OR "blood flow restriction training" OR "motor task*" OR "PTLE" OR "progressive tendon-loading exercise*") AND ("athletic performance" OR "muscle strength" OR "Pain Management" OR "Return to Sport" OR "Pain Management" OR "recovery of function" OR "reduced pain" OR "Return to Sport" OR "return to performance" OR "return to play" OR "pain relief" OR "pain control" OR "pain mitigation" OR "analgesia" OR "relieved pain" OR "alleviated pain" OR "diminished pain" OR "reactive strength index" OR "RSI" OR "CMJ" OR "counter movement jump" OR "rate of force development" OR "RFD" OR "peak power" OR "peak strength" OR "VISA-P" OR "VISA P")
<b>Scopus</b>	ARTICLE TITLE: "patellar ligament injuries" OR "patellar ligament pathology" OR "jumper's knee" OR "patellar tendinopathy" OR "patellar tendonitis" OR "patellar tendinosis"  AND  ALL FIELDS: "Exercise" OR "Exercise Therapy" OR "Plyometric Exercise" OR "Exercise Therapy" OR "resistance training" OR "plyometric exercise*" OR "isometric exercise*" OR "concentric exercise*" OR "eccentric exercise*" OR "rehabilitation exercise*" OR "therapeutic exercise*" OR "resistance exercise*" OR "jump training" OR "HSR" OR "heavy slow resistance training" OR "BFR" OR "blood flow restriction training" OR "motor task*" OR "PTLE" OR "progressive tendon-loading exercise*"  AND  ALL FIELDS: "athletic performance" OR "muscle strength" OR "Pain Management" OR "Return to Sport" OR "Pain Management" OR "recovery of function" OR "reduced pain" OR "Return to Sport" OR "return to performance" OR "return to play" OR "pain relief" OR "pain control" OR "pain mitigation" OR "analgesia" OR "relieved pain" OR "alleviated pain" OR "diminished pain" OR "reactive strength index" OR "RSI" OR "CMJ" OR "counter movement jump" OR "rate of force development" OR "RFD" OR "peak power" OR "peak strength" OR "VISA-P" OR "VISA P"

### 3.2 - Criteri di selezione

Gli studi inclusi avevano un disegno RCT con almeno un gruppo d'intervento che comprendeva l'esercizio terapeutico, pubblicati dal 2014 al 2024. Inoltre, almeno una delle misure di esito tra VISA-P, VAS, NRS doveva essere inclusa nello studio. I partecipanti dovevano avere un'età  $\geq 16$  anni, con una diagnosi clinica di tendinopatia rotulea di qualsiasi durata e gravità. Non è stata considerata come criterio la durata della condizione. I criteri di esclusione erano i seguenti: precedenti interventi chirurgici, precedente rottura del tendine rotuleo, altre patologie concomitanti del ginocchio. Sono stati esclusi inoltre gli studi comparativi non randomizzati, studi osservazionali, case report, case series, revisioni della letteratura, abstract di conferenze pubblicati e studi pubblicati in lingue diverse dall'inglese o che non avevano il testo completo disponibile.

## 4. Risultati

La ricerca effettuata ha fornito i seguenti risultati: n= 84 Pubmed, n=148 EBSCO (CINAHL e SPORTDiscuss) e n=427 Scopus, per un totale di 659 articoli. In prima istanza si è proceduto all'eliminazione di tutti i possibili duplicati, adoperando il software Rayyan; dopo di che si è passati a una prima selezione degli stessi sulla base delle informazioni fornite dalla lettura dei titoli (1° screening). Una seconda scrematura è stata effettuata tramite la lettura degli abstract (2° screening) e, infine, una terza selezione è stata eseguita dopo una valutazione critica della qualità degli studi; il diagramma di flusso riassuntivo è riportato in [Figura 8](#).

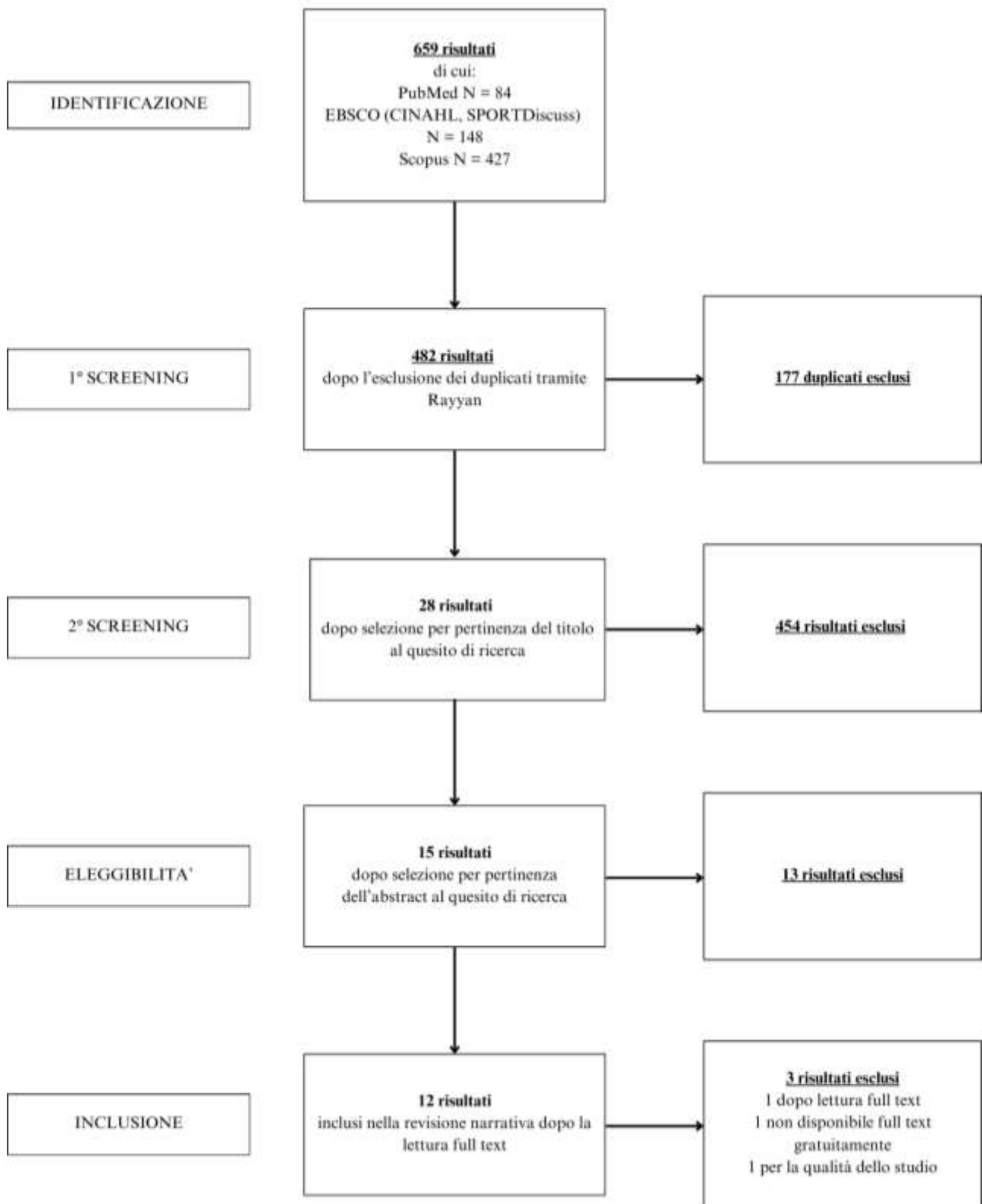


Figura 8 - Flowchart riassuntivo del processo di selezione degli articoli

*Tabella 4 - Articoli selezionati; sono stati riportati solo i risultati rispetto alle misure di outcomes per dolore e funzione (VAS, NRS, VISA-P)*

Per le abbreviazioni utilizzate di seguito, consultare l'apposita [Tabella](#) a inizio elaborato.

AUTORE E DESIGN STUDIO	PARTECIPANTI	INTERVENTO	FOLLOW UP	OUTCOMES
<p><b>Agergaard et al. (2021) [36] singolo cieco RCT</b></p>	<p>n = 44 (44M, 0F), atleti  <b>Dropouts:</b> 2 (1 esacerbazione del dolore, 1 interferenza con il programma di lavoro)                      Astensione attività sportiva: no, veniva permessa se NRS &lt;3/10</p> <p><b>Gruppo MSRT:</b> n = 21, età 32.3±4.9 anni, BMI 25.2±2.6 kg/m<sup>2</sup>, partecipazione sportiva 7±3.8 h/sett, durata dei sintomi 7.3± 2.9 mesi.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> n = 21, età 28.8±5.1 anni, BMI 25.1±2.4 kg/m<sup>2</sup>, partecipazione sportiva 9±4.8 h/sett, durata dei sintomi 6.9±2.4 mesi.</p>	<p>Il volume totale d'esercizio era uguale per entrambi i gruppi; ogni gruppo eseguiva 3 sessioni di allenamento settimanali, di cui 1 supervisionata. Gli esercizi eseguiti da entrambi i gruppi erano leg press bipodalica (ROM 0-90° di flessione ginocchio), leg extension unilaterale (ROM 40-100° di flessione ginocchio), entrambi con una durata delle fasi eccentrica e concentrica rispettivamente di 3s ciascuna. Veniva eseguita 1 serie warm-up con una pausa di 2-3 min prima di iniziare il protocollo. Se il dolore durante l'esercizio era ≥ 5/10 e/o persisteva oltre le 3-4 ore dalla seduta, il carico veniva aggiustato. Ogni due settimane veniva eseguito 1 test 5RM per stimare in maniera indiretta 1RM. I partecipanti di ogni gruppo potevano praticare attività sportiva con un discomfort lieve (&lt;3/10) durante il periodo d'intervento.</p> <p><b>Gruppo MSRT:</b> Il protocollo prevedeva di 55% 1RM che rimaneva costante per tutto il periodo d'intervento; il numero di serie è incrementato progressivamente da 3 nella prime 3 settimane fino a 5 dalla 7° alla 12° settimana, mentre il numero di ripetizioni è progressivamente diminuito, partendo dalle 15 nelle prime 3 settimane fino a 7.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> Il protocollo prevedeva un carico iniziale di 55% 1RM in settimana 1 che progrediva nelle settimane fino a raggiungere il 90% 1RM nelle ultime settimane (7-12esima settimana). Il numero di serie è progressivamente aumentato come descritto nel gruppo MSRT, mentre il numero di ripetizioni è progressivamente diminuito da 15, nella prima settimana, a 4 nelle ultime 6 settimane d'intervento.</p>	<p>- 0 settimane                      - 6 settimane                      - 12 settimane                      - 52 settimane dal baseline</p>	<p><b>Funzione e sintomi (VISA-P):</b> è stato osservato un significativo effetto del tempo in entrambi i gruppi (P &lt; 0.0001). Nessun effetto significativo gruppo x tempo (P = 0,89) o del gruppo (P = 0,57). HSRT VISA-P score: baseline = 58.8±4.3, settimana 6 = 65.8 ±6.7, settimana 12 = 70.5±4.4, settimana 52 = 79.7±4.6.                      MSRT VISA-P score: baseline = 59.9±2.5, settimana 6 = 69.9±2.8, settimana 12 = 72.5±2.9, settimana 52 = 82.6±2.5</p> <p><b>Dolore durante le attività (NRS corsa, squat, sport preferito, SLDS):</b> il dolore percepito durante la corsa, lo squat e la pratica dello sport preferito si è osservata una riduzione significativa nel tempo (p &lt; 0.0001); nessun effetto significativo gruppo x tempo o effetto del gruppo. Per il SLDS è stato osservato un effetto significativo solo dal baseline a 12 settimane e dal baseline a 52 settimane per entrambi i gruppi (p &lt; 0.0001)                      HSRT NRS SLDS: baseline = 4.3±0.4, settimana 6 = 2.4±0.4, settimana 12 = 2.0±0.4, settimana 52 = 1.4±0.4.                      MSRT NRS SLDS: baseline = 3.9±0.3, settimana 6 = 2.3±0.4, settimana 12 = 1.9±0.3, settimana 52 = 1.3±0.4</p>

**Breda et al. (2021) [35] investigatore cieco, RCT**

n=76 atleti (58M, 18F), soggetti che praticano sport almeno 3 x sett. Astensione attività sportiva: no, veniva permessa se VAS  $\leq$  3/10

**Gruppo PTLE:** n=38 (31M, 7F), età 24 $\pm$ 3.5 anni, BMI 23.8 $\pm$ 2.5 kg/m<sup>2</sup>, durata media dei sintomi 119 settimane.  
**Dropouts:** 1 per non risposta (n=37 inclusi nella analisi primaria)

**Gruppo EET:** n=38 (27M, 11F), età 24 $\pm$ 4.2 anni, BMI 24.1 $\pm$ 3.2 kg/m<sup>2</sup>, durata media dei sintomi 78 settimane.  
**Dropouts:** 5 per non risposta, 2 esclusioni per distorsioni di caviglia (n=30 inclusi nella analisi primaria)

Entrambi i gruppi sono stati istruiti a eseguire esercizi che avevano come obiettivo i fattori di rischio per PT: esercizi di flessibilità del quadricipite e dei flessori di ginocchio, soleo e gastrocnemio, esercizi con bande elastiche di rinforzo degli adduttori ed estensori d'anca, rinforzo del tricipite della sura e core stability  
I pazienti sono stati educati a modificare le attività seguendo il pain-monitoring model [37].

**Gruppo PTLE:** il protocollo prevedeva 24 settimane di esercizio a carico progressivo (PTLE) somministrato sulla risposta individuale al dolore (VAS  $\leq$  3/10) e comprendeva 4 stage di progressione:

**Stage 1:** esercizi isometrici (single leg press, leg extension) 5 ripetizioni da 45 secondi a 60° di flessione di ginocchio al ~70% MVC.

**Stage 2:** ogni primo giorno ripetere esercizi stage 1, ogni secondo giorno esercizi isotonici (single leg press, leg extension) 4 serie da 15 ripetizioni (tra 10° e 60° di flessione del ginocchio) progredendo lentamente verso 4 serie da 6 ripetizioni incrementando il carico e il ROM (estensione completa - 90° di flessione).

**Stage 3:** rispettivamente ogni primo e secondo giorno eseguire gli esercizi isometrici e isotonici degli stage precedenti; ogni terzo giorno eseguire esercizi pliometrici, partendo da 3 serie da 10 ripetizioni con entrambe le gambe, e lentamente progredire fino a compiere 6 serie da 10 ripetizioni usando una sola gamba

**Stage 4:** eseguire training sport specific ogni 2-3 giorni, nei restanti giorni eseguire esercizi isometrici stage 1.

Il ritorno alla competizione veniva raccomandato quando tutti gli esercizi dello stage 4 venivano eseguiti con una VAS  $\leq$  3/10. Durante questa fase veniva consigliato di eseguire gli esercizi dello stage 1 e 2 almeno 2 volte a settimana

**Criteri di progressione allo stage successivo:** VAS  $\leq$  3/10 durante il SLDS e aver eseguito tutti gli esercizi dello stage per almeno una settimana.

**Gruppo EET:** il protocollo prevedeva 24 settimane di esercizio eccentrico, 2 volte al giorno e comprendeva 2 stage di progressione:

**Stage 1:** Single leg squat su una pedana con una pendenza di 25°, la fase eccentrica viene eseguita con la gamba sintomatica (in caso di dolore bilaterale, con la gamba con sintomatologia più severa) e la fase concentrica usando principalmente la controlaterale. I pazienti vengono istruiti a eseguire l'esercizio in presenza di dolore (VAS  $\geq$  5/10), veniva consigliato di portare sulle spalle uno zaino carico qualora l'esecuzione a corpo libero suscitasse minima sintomatologia.

Quando il SLDS con carico aggiuntivo viene eseguito nei limiti del dolore accettabile (VAS  $\leq$  3/10) si può passare allo stage 2.

**Stage 2:** training sport specifico ed esercizi di mantenimento dello stage 1 eseguiti 2 volte a settimana.

Follow up  
- 0 settimane  
- 12 settimane  
- 24 settimane dal baseline

**VISA-P:** miglioramento statisticamente significativo di 28 pt PTLE (p<0.001) e 18 pt EET (p<0.001). Differenza statisticamente significativa tra i gruppi di 9 pt (p = 0.023) alle 24 settimane.

**Dolore durante l'esecuzione degli esercizi (VAS):** a 24 sett significativamente più bassa nel gruppo PTLE (2 vs 4; p = 0.006)

<p><b>Holden et al. (2020) [38] randomised cross-over trial</b></p>	<p>n = 21 (41% F) soggetti fisicamente attivi. Età media: 26.5±6.4 anni BMI = 25.6 kg/m<sup>2</sup> Durata sintomi: 24 mesi Sport: strength training (n=12), pallamano (n=3), ginnastica (n=3), pallavolo (n=1), atletica (n=1), triathlon (n=1), corsa (n=1) Astensione attività sportiva: no.</p> <p><u>Dropouts Ex Isometrico:</u> 1 ragioni familiari</p> <p><u>Dropouts Ex resistenza dinamica:</u> 0</p>	<p>I protocolli di intervento si rifanno allo studio di Rio et al. 2015 [24]</p> <p><b>Gruppo Ex Isometrico (n = 9):</b> il protocollo consisteva in 5 serie × 45 s contrazione isometrica a 60° di flessione al 70% della MVIC (determinata in una sessione di familiarizzazione). I partecipanti hanno ricevuto incoraggiamenti e feedback vocali standardizzati e neutri. "Spingi di più, spingi di meno ecc...".</p> <p><b>Gruppo Ex resistenza dinamica (n = 11):</b> il protocollo prevedeva l'esecuzione alla Leg extension di 3 serie × 8 ripetizioni, con 3 secondi di eccentrica e 3 secondi di concentrica al 8RM; i tempi d'esecuzione venivano dettati da un metronomo; ai partecipanti veniva fornito incoraggiamento e feedback vocali come nel gruppo isometrico.</p>	<p>Follow up - Baseline - Subito post-intervento - 45 min dall'intervento</p>	<p>No differenze tra i gruppi su qualsiasi outcome dello studio.</p> <p><b>Dolore durante SLDS (NRS):</b> significativa riduzione del dolore immediatamente dopo esercizio (p = 0.028), non mantenuta dopo 45min post-intervento (p = 0.089). NRS Gruppo isometrico: 5/10 baseline → 4.2/10 subito post-esercizio → 4.8/10 45 min dopo esercizio NRS Gruppo resistenza dinamica: 4.3/10 baseline → 3.2/10 subito post-esercizio → 3.6/10 45 min dopo esercizio</p>
<p><b>Labanca et al. (2022) [39] RCT</b></p>	<p>n = 28 (22 M, 6 F), soggetti che praticano sport almeno 3 x sett.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> n = 14, età 33.6±10.2 anni; peso corporeo 73.8±9.6 kg; altezza 1.77±0.08 m. <u>Dropouts:</u> 2</p> <p><b>Gruppo NMES+:</b> n = 14, età 31.4±11.6 anni; peso corporeo 74.0±8.2 kg; altezza 1.78±0.08 m. <u>Dropouts:</u> 2</p>	<p>E' stato richiesto ai partecipanti di entrambi i gruppi di evitare allenamenti di forza, antinfiammatori e antidolorifici per la durata dell'intervento al fine di escludere fattori confondenti.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> single leg press (ROM 90°-0° di flessione, diminuiti se il dolore riferito durante l'esecuzione è ≥ 4/10 NRS) eseguita lentamente (2 sec fase concentrica, 6 fase eccentrica) partendo da una intensità stimata di 10RM e con un progressivo passaggio fino a 4RM di intensità. Il numero di serie è passato progressivamente da 4 in settimana 1 a 10 in settimana 8, con un andamento quindi inverso al numero di ripetizioni per serie (da 10 a 4). Ogni sessione il carico veniva incrementato dal 2 al 10% in base a progressi dei partecipanti. La seduta veniva iniziata con una fase di warm up in cui i partecipanti eseguivano una serie di 10 ripetizioni con il 100% del peso corporeo (BW), 1 serie da 6 ripetizioni al 75% del 10RM stimato, 1 serie da 4 ripetizioni al 90% del 10RM stimato. A fine sessione, i partecipanti eseguivano una fase di cool-down di 5 minuti di esercizio a bassa resistenza su ciclo-ergometro.</p> <p><b>Gruppo NMES+:</b> l'allenamento consisteva nella stimolazione del quadricipite con NMES sovrapposta all'esecuzione lenta di movimenti di sit-to-stand-to-sit (fase concentrica 2 secondi, eccentrica 6 secondi); l'altezza della seduta veniva adeguata per creare un angolo al ginocchio di 90° e in caso alzata durante le sessioni di allenamento qualora il dolore riferito durante l'esecuzione dell'esercizio fosse ≥ 4/10 NRS. Il protocollo prevedeva 4 serie da 10 ripetizioni, la massima intensità d'impulso tollerata, con un'alternanza di 0.5/0.5sec, un recupero tra ripetizioni/serie di 8/120sec e frequenza d'impulso che variava tra 30-50Hz in settimana 1 fino ad arrivare a 60-85Hz in settimana 8.</p>	<p>Follow up Baseline (T0) - 2 settimane (T1) - 4 settimane (T2) - 6 settimane (T3) - 8 settimane (T4) - 4 mesi dopo la fine dell'intervento, ovvero a 24 settimane dall'inizio del trial (T5)</p>	<p><b>VISA-P:</b> Non sono state osservate differenze tra i due gruppi, è stato osservato un effetto significativo del tempo in entrambi (p&lt;0.001). <b>Dolore al ginocchio durante l'allenamento (NRS):</b> significativamente inferiore nel gruppo NMES+ rispetto al gruppo HSRT (T1-T2-T3 p&lt;0.01, T4 p&lt;0.05) in tutte le sessioni di allenamento. Nessun'altra differenza significativa è stata osservata tra i gruppi o attraverso il tempo.</p>

<p><b>Lee et al. (2020) [40] RCT</b></p>	<p>n = 34, (34 M, 0 F), atleti di pallavolo, basket, pallamano Astensione attività sportiva: no.</p> <p><b>Gruppo ECC:</b> n=14, età 24.1±4.6 anni, BMI 23.1±2.7 kg/m<sup>2</sup>, livello di attività 5.4±2 h/sett, durata dei sintomi 31.5±30.0 mesi.</p> <p><b>Dropouts:</b> 3 indisponibilità a partecipare alle sessioni, <b>1 post-intervento</b></p> <p><b>Gruppo ECC + ESWT:</b> n=16, età 21.1±2.2 anni, BMI 22.9±1.5 kg/m<sup>2</sup>, livello di attività 5.5±2.3 h/sett, durata dei sintomi 35.6±22.4 mesi.</p> <p><b>Dropouts:</b> 1 indisponibilità a partecipare alle sessioni, <b>1 post-intervento</b></p>	<p><b>Gruppo ECC:</b> il protocollo prevedeva l'esecuzione di 3 serie x 15 ripetizioni per sessione, due volte al giorno, di SLDS su pedana inclinata a 25° fino al punto di dolore (in 2 secondi). La fase concentrica successiva veniva eseguita dalla gamba non infortunata o dalle braccia, in caso di tendinopatia bilaterale, per tornare alla posizione di partenza. Se il dolore era &lt; 4-5/10 VAS si aggiungeva un peso da 5kg in uno zaino, in caso contrario si suggeriva la riduzione del peso.</p> <p><b>Gruppo ECC + ESWT:</b> è stato somministrato lo stesso protocollo di esercizio del gruppo ECC; in aggiunta è stata erogata settimanalmente per le prime 6 settimane di programma anche ESWT fittizia o focalizzata nella regione più sensibile del tendine rotuleo prossimale con il ginocchio posizionato a 30 gradi di flessione. L'intensità del trattamento è stata aumentata da 0,08 mJ/mm<sup>2</sup> fino al massimo livello tollerabile dal soggetto. Per l'intervento fittizio, sono stati erogati 1500 shock con un'intensità inferiore a 0,08 mJ/mm<sup>2</sup> a 4 Hz e a questo dosaggio i soggetti non hanno segnalato alcun dolore. Successivamente, sono stati erogati 1500 shock a 4 Hz.</p>	<p>Follow up - 0 settimane - 12 settimane</p>	<p>È stato rilevato un effetto significativo principale per il tempo; no effetto per gruppo o interazione gruppo per tempo per il dolore (VAS) e per il punteggio VISA-P.</p> <p><b>VAS (100mm) massima nell'arco degli ultimi 7 giorni precedenti:</b> si è ridotta del 49% (da 6.6 ±2.0 a 3.2 ±2.5 nel gruppo di esercizi e da 6,7 ±1,9 a 3,9 ±1,9 nel gruppo combinato).</p> <p><b>VISA-P:</b> Il punteggio VISA-P è migliorato del 35%, da 57,4 ±8,3 a 77,3 ±12,6 nel gruppo di esercizi e da 55,1 ±12,9 a 72,9 ±14,3 nel gruppo combinato.</p>
<p><b>Liu et al. (2014) [41] RCT</b></p>	<p>n = 21(21 M, 0 F) studenti della Facoltà di Educazione Fisica e Scienze dello Sport della South China Normal University. Età compresa tra i 18 e 23 anni. n = 7 per ogni gruppo; nello studio non sono stati indicati altri dati relativi alle caratteristiche dei partecipanti</p>	<p>Ogni gruppo ha eseguito il protocollo 1 volta al giorno, 6 volte a settimana, per 4 settimane.</p> <p><b>Gruppo laser:</b> il trattamento veniva eseguito con irradiazioni laser di un'intensità di 1592 mW/cm<sup>2</sup> (potenza: 200 mW, diametro del fascio: 0,4 cm) al polo inferiore della rotula per 10 minuti e ai due punti di agopuntura di Extra 36, mediali e laterali al tendine rotuleo per 5 minuti ciascuno.</p> <p><b>Gruppo ECC:</b> 3 serie x 15 ripetizioni di squat unilaterale su un pavimento piano con 1 minuto di riposo tra le serie. Le ripetizioni venivano eseguite in 10 secondi, seguendo un file audio. La fase concentrica veniva eseguita dalla gamba non infortunata per tornare alla posizione di partenza. All'inizio il carico era costituito dal peso corporeo, è poi stato aumentato di 5 kg di settimana in settimana in uno zaino. Dopo l'allenamento eccentrico è stato eseguito uno stretching del quadricipite per 1 minuto.</p> <p><b>Gruppo ECC + laser:</b> l'intervento consisteva in una sessione di allenamento identica a quella descritta nel gruppo ECC, seguita subito dopo dal trattamento eseguito nel gruppo laser (vedi descrizione trattamento gruppo laser).</p>	<p>Follow up - 0 settimane - 4 settimane</p>	<p><b>VAS 0-100:</b> tutti i gruppi hanno mostrato una significativa riduzione del dolore (p&lt;0.01). Gruppo laser riduzione media di 52.86 pt (77.9%), gruppo ECC riduzione media di 46.43 pt (70.1%) e gruppo ECC + laser riduzione media di 62.86 pt (92.6%). No differenze significative tra il gruppo laser e gruppo ECC; il miglioramento del dolore è stato significativamente maggiore nel gruppo ECC + laser rispetto agli altri due (p&lt;0.05).</p> <p><b>VISA-P modificata:</b> tutti i gruppi hanno mostrato un significativo miglioramento della funzionalità (p&lt;0.01). Gruppo laser incremento medio di 25.00 pt (39.6%), gruppo ECC incremento medio di 23.71 pt (35.4%) e gruppo ECC + laser incremento medio di 37.71 pt (64.1%). No differenze significative tra il gruppo laser e gruppo ECC; il miglioramento è stato significativamente maggiore nel gruppo ECC + laser rispetto agli altri due (p&lt;0.05).</p>

<p><b>Pearson et al. (2020) [42]</b> <b>Randomized cross-over trial<sup>3</sup></b></p>	<p>n = 8 (8M, 0F) atleti. nello studio non sono stati indicati altri dati relativi alle caratteristiche dei partecipanti al sottogruppo partecipante allo studio.</p> <p>Astensione dalla attività sportiva: sì, per attività di corsa, salti, squat o qualsiasi esercizio di forza per la parte inferiore del corpo</p>	<p>Il periodo d'intervento è durato 1 settimana. I partecipanti hanno eseguito i due programmi a distanza di 5-7 giorni l'uno dall'altro (periodo di wash-out). Il tempo sotto tensione (4 minuti) e il rapporto lavoro/riposo (1:2) sono stati equiparati tra i due protocolli. Le isometrie sono state eseguite alla leg extension con un angolo di flessione del ginocchio di 30°. Ai partecipanti è stato chiesto di allenarsi con un RPE (scala di Borg da 1 a 20) compreso tra 17 e 18/20 o di modificare il carico in altro modo, corrispondente circa all'85%MVC. Durante il tempo di riposo per un lato, ai partecipanti è stato chiesto di eseguire il protocollo con l'altra gamba. È stato inoltre chiesto loro di non eseguire sessioni di esercizi isometrici entro 24 ore dagli appuntamenti di controllo.</p> <p><b>Isometrie corte:</b> 24 serie x 10 secondi, 20 secondi di riposo tra le ripetizioni.</p> <p><b>Isometrie lunghe:</b> 6 serie x 40 secondi, 80 secondi di riposo tra le ripetizioni.</p>	<p><b>Timeline misurazioni</b></p> <p>Isometrie corte: - pre-intervento - subito post-intervento</p> <p>- periodo di wash-out 5-7 giorni</p> <p>Isometrie lunghe: - pre-intervento - subito post-intervento</p>	<p><b>Dolore durante SLDS e saltello continuato su una sola gamba (VAS 100 mm.):</b> si è riscontrata una significativa riduzione del dolore dopo il carico isometrico sia nei test SLDS (differenza media = 1,66; p&lt;0,01) che nei test di salto (differenza media = 0,84; p= 0,02). Non si è riscontrata alcuna differenza significativa tra il carico isometrico di lunga o breve durata.</p>
<p><b>Rieder et al. 2022 [43]</b> <b>Randomized equivalence trial,</b> <b>Sngolo cieco</b></p>	<p>n = 48 (38M, 10F) soggetti attivi fisicamente attivi. Astensione dalla attività sportiva: no, possibile la partecipazione se VAS ≤ 50.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> n=16 (12M, 4F), età 29±6 anni, BMI 24±3 kg/m<sup>2</sup>, livello di attività 6±4 h/sett, durata dei sintomi 45±58 mesi.</p> <p><b>Gruppo WBV:</b> n=17 (15M, 2F), età 25±6 anni, BMI 24±3, livello di attività 5±5 h/sett, durata dei sintomi 41±45 mesi.</p> <p><b>Gruppo lista d'attesa di controllo (WLC):</b> n=15 (11M, 4F), età 27±6 anni, BMI 24±3 kg/m<sup>2</sup>, livello di attività 6±5 h/sett, durata dei sintomi 45±48 mesi. <u>Successiva divisione:</u> WBV = 5 e HSRT = 9</p>	<p>Sia il gruppo HSRT che WBV ha eseguito 3 sessioni di allenamento a settimana x 12 settimane con un terapeuta qualificato. Dopo ogni sessione di allenamento, veniva valutato il dolore percepito; era concesso un dolore moderato (VAS ≤ 50) che doveva ritornare ai sintomi iniziali il mattino successivo.</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> Il protocollo consisteva nell'esecuzione di 3 esercizi bipodalici (squat, leg press e hack squat). I partecipanti eseguivano 4 serie per ogni macchinario con un'intensità crescente al progredire con le settimane di protocollo: 15RM settimana 1, 12RM settimane 2-3, 10RM settimane 4-5, 8RM settimane 6-8 e 6RM settimane 9-12. Tutti gli esercizi venivano eseguiti da 0 a 90° di flessione di ginocchio, con una durata della fase eccentrica e concentrica di 3 secondi ciascuna.</p> <p><b>Gruppo WBV:</b> ogni seduta del protocollo consisteva in 10 serie da 60 secondi intervallate da 1 minuto di riposo, in cui ai partecipanti era richiesto di stare in piedi sopra la pedana oscillante in una posizione di mezzo squat (50° di flessione del ginocchio). Parametri della vibrazione: frequenza di 30 Hz, ampiezza di 2mm e accelerazione di 2g</p> <p><b>Gruppo lista d'attesa di controllo (WLC):</b> Il gruppo WLC è stato incoraggiato a mantenere le proprie routine quotidiane abituali, ma non ha ricevuto alcun trattamento durante le prime 12 settimane. In seguito, ai partecipanti di questo gruppo è stato offerto di ricevere uno degli interventi in modo casuale dopo le 12 settimane d'intervento degli altri due gruppi.</p>	<p>Follow up - 0 settimane - 12 settimane - 24 settimane (a 6 mesi)</p>	<p><b>VISA-P:</b> si sono registrati miglioramenti statisticamente significativi nei gruppi HSRT (F(1,26) = 10.52, p = 0.003, η<sup>2</sup>p = 0.29) e WBV (F(1,27) = 5.94, p = 0.022, η<sup>2</sup>p = 0.18) rispetto al gruppo WLC, con miglioramenti rispettivamente del +22 ± 15 punti (HSRT) e +13 ± 14 punti (WBV); tali miglioramenti sono stati mantenuti a 6 mesi Δ pre-follow-up VISA P: HSR+23±20pts, WBV+14±14 pts. Si è registrata una differenza statisticamente significativa tra il gruppo HSRT e WBV.</p> <p><b>VAS durante l'attività sportiva preferita dal paziente (sempre la stessa per ogni misurazione):</b> I punteggi erano significativamente più bassi dopo l'allenamento HSRT (F(1,26) = 6.50, p = 0.005, η<sup>2</sup>p = 0.33) e WBV (F(1,27) = 3.95, p = 0.031, η<sup>2</sup>p = 0.23) rispetto al gruppo WLC, con diminuzioni rispettivamente di -3,5±2,6 punti e -3,8±2,4 punti; tali miglioramenti sono stati mantenuti a 6 mesi Δ pre-follow-up VAS: -3,3±2,9pts (HSRT), -3,5 ±4,2pts (WBV). No differenze statisticamente significative tra gruppo HSRT e WBV.</p>

<sup>3</sup> Pearson et al. 2020 hanno: (1) indagato gli effetti immediati del carico isometrico di lunga e breve durata sul dolore e sull'adattamento del tendine (deformazione trasversale) nella tendinopatia rotulea; e (2) gli effetti del carico isometrico di lunga e breve durata sull'adattamento del tendine nella fase iniziale (prime 4 settimane) della riabilitazione per la tendinopatia rotulea. Per indagare gli effetti sul dolore, si sono avvalsi di un disegno di studio di tipo randomized cross-over trial in cui è stato incluso un sottogruppo di 8 partecipanti per la durata di 1 settimana, mentre per gli altri outcome identificati si sono avvalsi di un disegno di tipo RCT. Il randomized cross-over trial è stato condotto nella settimana antecedente all'inizio del RCT. Nello studio vengono riportati i dati di baseline dei gruppi dell'RCT, mentre quelle dei partecipanti al randomized cross-over trial non sono state descritte.

<p><b>Rio et al. (2015) [24]</b>  <b>singolo cieco, randomised cross-over trial</b></p>	<p>n = 6 (6M, 0F) atleti di pallavolo  Età media 26.9 (18-40) anni  VISA-P baseline: 52.8 (47.5-66.5) pt  Partecipazione sportiva: 3 x sett  Durata dei sintomi: non specificata  Astensione dall'attività sportiva: no</p>	<p><b>Gruppo Isometrico:</b> 5 serie × 45 s contrazione isometrica a 60° di flessione al 70% della MVIC (determinata in una sessione di familiarizzazione)</p> <p><b>Gruppo Isotonico:</b> il protocollo prevedeva l'esecuzione alla Leg extension di 4 serie × 8 ripetizioni, con 4 secondi di eccentrica e 3 secondi di concentrica al 8RM; i tempi d'esecuzione venivano dettati da un metronomo.</p>	<p>Settimana 1 baseline testing senza intervento (da comparare con le misure di baseline delle settimane 2-3)</p> <p>Settimana 2 e 3: venivano prese le misure di baseline subito prima dell'intervento, poi:  - post-intervento (4-5 min dopo)  - 45 min dall'intervento</p>	<p><b>Dolore durante SLDS (NRS):</b>  L'intervento isometrico ha ridotto immediatamente il dolore nel SLDS da 7/10 a 0.17/10 (riduzione di 6.8/10), pari all'87% (p=0.004), e mantenuta a 45min post-intervento (p&lt; 0.001).  L'intervento isotonico ha ridotto il dolore da 6.33/10 a 3.75/10 (riduzione di 2.6/10), pari al 42% (p=0.004), ma questa riduzione non è stata mantenuta a distanza di 45 min post-intervento.</p>
<p><b>Rio et al. (2017) [44]</b>  <b>RCT</b></p>	<p>n = 20 (18 M, 2 F), atleti di elite e subelite di pallavolo e basket.  Età media: 22.5 anni  Partecipazione sportiva: almeno 3 volte a settimana  Durata sintomi: non specificata  Astensione dall'attività: no</p> <p><b>Dropouts:</b> 7 dopo la randomizzazione, 2 durante il periodo d'intervento</p>	<p>Agli atleti è stato chiesto di evitare altri esercizi per i quadricipiti, ma erano liberi di completare tutti gli altri allenamenti, gare ed esercizi in palestra.</p> <p><b>Gruppo Isometrico (n = 10):</b> il protocollo prevedeva 4 sessioni a settimana per 4 settimane da 5 sets × 45 s di contrazioni isometriche all'80% MVC, eseguite sulla Leg extension a un angolo di 60° di flessione del ginocchio, con 1 min di riposo tra le serie.</p> <p><b>Gruppo Isotonico (n = 10):</b> il protocollo prevedeva 4 sessioni a settimana per 4 settimane da 4 serie × 8 ripetizioni, con 4 secondi per la fase eccentrica e 3 secondi per quella concentrica, eseguite sulla leg extension (ROM 10-90° di flessione) all'80% dell'8RM, con 1 min di riposo tra le serie. I tempi d'esecuzione venivano dettati da un metronomo.</p>	<p>Follow up NRS  - pre- e post-intervento ad ogni sessione per tutte le 4 settimane per NRS</p> <p>Follow up VISA-P  - baseline  - 4° settimana</p>	<p><b>Dolore durante SLDS (NRS):</b> entrambi I gruppi hanno ridotto il dolore confrontando le misure pre- e post- sessione; si è riscontrato maggior cambiamento nel gruppo isometrico (media = 1.8 ± 0.39) rispetto all'isotonico (media = 0.9 ± 0.25, Cohens d = 2.75, P , 0.001).</p> <p><b>Dolore e funzione (VISA-P):</b> entrambi I gruppi sono migliorati senza differenze statisticamente rilevanti tra di loro alla 4° settimana (p = 0.99).  VISA-P gruppo isometrico da 72.5 a 84/100;  VISA-P gruppo isotonico da 69.5 a 80/100</p>

<p><b>Ruffino et al. (2021) [45] RCT</b></p>	<p>n = 42 (41 M, 1 F), atleti amatoriali, Partecipazione sportiva: almeno 2 volte a settimana Astensione dall'attività sportiva: no, concessa se <math>VAS \leq 30/100</math></p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> n = 21 (20M, 1F), età media 31,7±8.7 anni, BMI 25.6±3.6 kg/m<sup>2</sup>, durata dei sintomi media 17.2±16.4 mesi, livello di attività prima dell'infortunio 5.1±3 h/sett. <b>Dropouts:</b> 0.</p> <p><b>Gruppo IFRT:</b> n = 21 (21M, 0F), età media 27.5±5.4 anni, BMI 25±2.6 kg/m<sup>2</sup>, durata dei sintomi media 9.5±5.2 mesi, livello di attività prima dell'infortunio 5.7±2.2 h/sett. <b>Dropouts:</b> 1.</p>	<p>Entrambi i gruppi sono stati sottoposti a 3 sessioni settimanali di esercizio supervisionato della durata di 50 min circa in un centro fitness per un periodo di 12 settimane. La sessione comprendeva 10 min di warm-up standardizzato (cyclette e mobilità dinamica). Se il dolore durante l'esercizio era <math>\geq 4/10</math> e/o post-esercizio non rientrava ai livelli pre-esercizio in 24h, veniva consigliato di aggiustare il carico nel gruppo HSRT o aggiustare la velocità d'esecuzione nel gruppo IFR. Durante il periodo d'intervento era permesso ai partecipanti di fare attività sportiva se provocava minimo discomfort (30/100 VAS)</p> <p><b>Gruppo HSRT:</b> Il protocollo consisteva nell'esecuzione di 3 esercizi bipodalici (Leg squat, leg press e hack squat). I partecipanti eseguivano 4 serie per ogni macchinario con 2-3 min di recupero con un'intensità crescente al progredire con le settimane di protocollo: 15RM settimana 1, 12RM settimane 2-3, 10RM settimane 4-5, 8RM settimane 6-8 e 6RM settimane 9-12. Tutti gli esercizi venivano eseguiti da 0 a 90° di flessione di ginocchio, con una durata della fase eccentrica e concentrica di 3 secondi ciascuna.</p> <p><b>Gruppo IFRT:</b> Il protocollo consisteva nell'esecuzione di 3 esercizi bipodalici su macchinari con volano inerziale personalizzate (leg squat, leg press, leg extension). I pazienti eseguivano 4 serie da 10 ripetizioni per ogni macchinario con 2-3 min di recupero tra le serie; le prime 2 ripetizioni venivano eseguite per accelerare il volano e non venivano considerate nel volume d'esercizio. I partecipanti venivano istruiti a eseguire a velocità massimale la fase concentrica mentre a ritardare la fase di frenata nell'ultima parte della fase eccentrica. Una singola ripetizione veniva completata (concentrica+ eccentrica) in circa 3 secondi. I carichi inerziali erano di 2,5kg settimana 1-6 e di 4 kg settimana 6-12.</p>	<p>Follow up outcomes primari: - 0 settimane - 6 settimane - 12 settimane</p> <p>Follow up outcomes secondari: - 0 settimane - 12 settimane</p>	<p><b>OUTCOMES PRIMARI:</b> <b>Dolore e funzione (VISA-P):</b> si è osservato un miglioramento significativo all'interno dei gruppi a ogni valutazione (<math>P &lt; 0.05</math>) pari a +22.2 per IFR e a +22.8 per HSRT. No differenze statisticamente significative tra i gruppi nel tempo.</p> <p><b>OUTCOMES SECONDARI:</b> <b>VAS durante i test di carico provocativi:</b> No differenze statisticamente significative tra i gruppi (SLDS <math>p = 0.286</math> e leg extension <math>p = 0.697</math> a 12 settimane). <b>HSRT VAS SLDS:</b> da 6.2 a 2.9 in settimana 12 <b>IFR VAS SLDS:</b> da 7.2 a 3.7 in settimana 12 <b>HSRT VAS leg extension:</b> da 4.7 a 2.1 in settimana 12 <b>IFR VAS leg extension:</b> da 4.9 a 2.7 in settimana 12</p>
<p><b>van Ark et al. (2016) [46] RCT</b></p>	<p>n = 29 (27 M, 2 F) atleti di pallavolo e di basket Partecipazione sportiva: almeno 3 x settimana Astensione dalla attività: no</p> <p><b>Gruppo Isometrico:</b> n=13 (12M, 1F), età media 22.9±4.9 anni, durata dei sintomi 30.8±26.1 mesi, BMI 23.7±2.0 kg/m<sup>2</sup>.</p> <p><b>Gruppo Isotonico:</b> n=16 (15M, 1F), età media 23.1±4.7 anni, durata dei sintomi 39.6±39.1 mesi, BMI 24.2±3.7 kg/m<sup>2</sup>.</p>	<p>Ogni gruppo ha eseguito un programma di esercizio di 4 sessioni a settimana per 4 settimane. I programmi d'esercizio sono stati equiparati per time under tension (TUT), per riposo e per il tasso di sforzo percepito (RPE).</p> <p><b>Gruppo Isometrico:</b> 5 contrazioni isometriche di una gamba per 45 s su leg extension machine all'80% MVIC a 60° di flessione del ginocchio.</p> <p><b>Gruppo Isotonico:</b> 4 serie da 8 ripetizioni all'80% del 8RM di contrazioni isotoniche su una gamba per ogni gamba su una leg extension machine con una pausa di 15 secondi tra una gamba e l'altra. la fase concentrica di 3 secondi seguita immediatamente da una fase eccentrica di 4 secondi. Il peso veniva aumentato del 2,5% ogni settimana, se possibile. Se si avvertiva dolore durante un esercizio o se i partecipanti non erano in grado di completare le ripetizioni con un'esecuzione corretta è stato chiesto loro di abbassare il peso per le ripetizioni successive. Ai partecipanti è stato fornito dei file audio per standardizzare la velocità d'esecuzione (e quindi il TUT) e il recupero.</p>	<p>Follow up - 0 settimane - 4 settimane</p>	<p><b>Dolore durante SLDS (NRS):</b> in entrambi i gruppi si sono registrati miglioramenti statisticamente significativi; nel gruppo isometrico il dolore è passato da 6.3 a 4.0 (<math>p &lt; 0.05</math>), mentre nel gruppo isotonico da 5.5 a 2.0 (<math>p &lt; 0.05</math>). Non sono state registrate differenze significative tra i gruppi. MCID per la NRS è 2 punti.</p> <p><b>VISA-P:</b> in entrambi i gruppi si sono registrati miglioramenti statisticamente significativi; nel gruppo isometrico da 66.5 a 75.0 (<math>p &lt; 0.05</math>), mentre nel gruppo isotonico da 69.5 a 79.0 (<math>p &lt; 0.05</math>). Non sono state registrate differenze significative tra i gruppi. MCID per la VISA-P è 13 punti.</p>

## 4.1 - Caratteristiche degli studi

In [figura 8](#) viene riportato il flowchart di selezione degli articoli. Alla fine del processo di selezione, 12 studi sono risultati compatibili con il quesito di ricerca e i criteri di selezione sopramenzionati [24,35,36,38–46]. In [tabella 4](#) sono state riportate le principali caratteristiche di ogni studio (disegno, caratteristiche dei partecipanti, tipologie d'intervento, follow up, outcomes).

La presente revisione narrativa include 8 RCT [35,36,39–41,44–46], 3 randomized cross-over trials<sup>4</sup> [24,38,42] e 1 randomized equivalence trial<sup>5</sup> [43].

Tre di questi studi [24,38,44] hanno confrontato l'effetto di due modalità differenti d'esercizio terapeutico (esercizio isometrico Vs esercizio isotonico) sul dolore e la funzione in soggetti aventi tendinopatia rotulea immediatamente dopo l'intervento (da subito dopo l'intervento fino a 45 minuti dall'intervento). Anche Pearson et al. 2020 hanno indagato l'effetto immediato post intervento comparando isometrie di breve (10s) e lunga (40s) durata [42].

Altri 4 studi [35,36,45,46] hanno confrontato l'effetto di diverse modalità d'esercizio sul dolore e la funzione in soggetti aventi tendinopatia rotulea per un periodo più lungo (da 4 fino a 52 settimane).

Infine, altri 4 studi [39–41,43] hanno confrontato l'effetto sul dolore e la funzione in soggetti aventi tendinopatia rotulea tra esercizio e altre modalità d'intervento (interventi combinati esercizio + altro intervento o un intervento che non comprendesse esercizio).

### 4.1.1 - Caratteristiche dei partecipanti

Prendendo in considerazione il numero totale dei partecipanti a ogni studio, il campione complessivo ammonta a 386 soggetti, di cui 329 di sesso maschile e 57 di sesso femminile. In tutti gli studi sono stati inclusi soggetti sportivamente/fisicamente attivi, atleti amatoriali e/o atleti di subelite/elite. La maggior parte degli studi ha utilizzato come criterio d'inclusione un'età compresa tra 16/18 e 40 anni d'età; gli unici studi a fare eccezione sono Rio et al. 2017 [44] (atleti, età > 16 anni), Labanca et al. 2022 [39] (età compresa tra 18-50 anni), Agergaard et al. 2021 [36] (età compresa tra 20-45 anni), mentre Lee et al. 2020 e Pearson et al. 2020 non hanno specificato criterio d'inclusione in base a una fascia d'età (entrambi hanno reclutato atleti da squadre sportive di livello locale e/o statale) [40,42]. Maggiori dettagli sulla popolazione e sulle caratteristiche dello studio sono riportati nella [tabella 4](#).

---

<sup>4</sup> randomized cross-over trials: è una tipologia di RCT in cui i partecipanti sono assegnati casualmente a due o più trattamenti in sequenza a seguito di un periodo di washout, alternando tra i diversi trattamenti. Questo disegno di studio permette a ciascun partecipante di ricevere più di un trattamento in momenti differenti, fungendo da proprio controllo.

<sup>5</sup> randomized equivalence trial: è una tipologia di RCT in cui i partecipanti vengono assegnati in modo casuale a uno dei gruppi di trattamento, con l'obiettivo di dimostrare che i trattamenti sono equivalenti tra loro.

### 4.1.2 - Misure di outcome per il dolore

Di seguito vengono riportate le misure di outcome e le modalità utilizzate negli studi per valutare i cambiamenti inerenti al dolore.

Tra gli studi inclusi nella revisione, 6 studi su 12 hanno valutato il dolore avvalendosi della scala di misura NRS (MCID 2 punti) [24,36,38,39,44,46]; di questi, Agergaard et al. 2021, Holden et al. 2020, Rio et al. 2015, Rio et al. 2017, van Ark et al. 2016 hanno valutato la dolorabilità durante l'esecuzione del SLDS [24,36,38,44,46] (per la descrizione del test visionare paragrafo [Test e scale di valutazione](#)). Agergaard et al. 2021 hanno anche valutato la dolorabilità (NRS) durante la corsa, lo squat e la pratica dello sport preferito mediante questionario [36]. Infine, Labanca et al. 2022 hanno misurato il dolore (NRS) durante ogni sessione di allenamento [39].

Gli altri 6 studi [35,40–43,45] hanno utilizzato la VAS come scala di riferimento, mediante diverse modalità di seguito riportate:

- Breda et al. 2021 hanno misurato la dolorabilità a livello del ginocchio durante l'esecuzione degli esercizi inclusi nei protocolli d'intervento,
- Lee et al. 2020 durante l'attività nei 7 giorni precedenti al giorno di misurazione,
- Rieder et al. 2022 durante l'attività sportiva preferita da parte dei partecipanti,
- Pearson et al. 2020 hanno misurato la dolorabilità a livello del ginocchio durante l'esecuzione del SLDS e durante test di salto in cui si richiedeva ai partecipanti di eseguire un salto sub-massimale su una gamba tenendo le mani sui fianchi.
- Ruffino et al. 2021 hanno misurato la dolorabilità a livello del ginocchio durante l'esecuzione del SLDS e durante sei ripetizioni alla leg extension con un carico pari al 50% del BW del partecipante.

Solo nello studio di Liu et al. 2014 non viene specificata l'attività durante la quale è stato valutato il dolore.

### 4.1.3 - Misure di outcome per la funzione

Tra gli studi inclusi nella revisione, 9 studi su 12 hanno valutato il cambiamento della funzione avvalendosi del questionario VISA-P [35,36,39,40,43–46], o della sua versione modificata [41]. Il minimum clinically important difference (MCID) per quanto riguarda la scala VISA-P è di 13 punti [27].

Nei restanti 3 studi lo scopo era quello di indagare l'effetto immediato sul dolore subito dopo l'esecuzione d'esercizio, non includendo quindi misure di outcome per quanto riguarda la funzione [24,38,42].

## 5. DISCUSSIONE

Nel presente capitolo vengono discussi i risultati dei differenti studi, cercando in seconda istanza di eseguire un confronto tra di loro ove possibile, basandosi sugli obiettivi, sulle tempistiche e sulle misure di outcomes degli studi stessi. Si è ritenuto opportuno per ogni outcome (dolore e funzione) discutere e confrontare i risultati basandosi sulla temporalità dell'effetto, al fine di condurre un'analisi più omogenea e precisa possibile. Si è quindi fatta distinzione tra gli effetti in acuto (prima/dopo una singola sessione d'esercizio) e gli effetti cronici/cumulabili sul dolore e sulla funzione (da 4 a 52 settimane).

### 5.1 - Effetti acuti sul dolore

Holden et al. 2020, Pearson et al. 2020, Rio et al. 2015 e Rio et al. 2017 hanno indagato il dolore prima e immediatamente post-esercizio [24,38,42,44]. Tutti e 4 gli studi prevedevano due gruppi d'intervento basati su differenti modalità d'esercizio (esercizio isometrico vs esercizio isotonico o isometrie lunghe vs isometrie brevi); tutti i gruppi d'intervento di tutti e 4 gli studi hanno registrato una diminuzione statisticamente significativa del dolore durante l'esecuzione del SLDS immediatamente post-esercizio (visionare [tabella 4](#) per i risultati e i valori di significatività di ogni studio). I valori medi di diminuzione del dolore immediatamente post-esercizio sono stati i seguenti: Holden et al. 2020 gruppo isometrie  $\sim 0.8/10$  e gruppo isotonico  $\sim 1/10$  senza differenze statisticamente significative tra i gruppi, Pearson et al. 2020 valore medio tra i gruppi  $\sim 1,66/10$  (no differenze significative tra gruppi), Rio et al. 2015 gruppo isometrie  $\sim 6.8/10$  e gruppo isotonico  $\sim 2.6/10$  con una differenza significativa tra gruppi e Rio et al. 2017 gruppo isometrie  $\sim 1.8/10$  e gruppo isotonico  $\sim 0.9/10$  con una differenza significativa tra gruppi. Nello studio di Pearson et al. 2020 le isometrie di lunga durata (40 secondi) e le isometrie brevi (10 secondi), sono risultate essere equivalenti nella diminuzione del dolore immediatamente post-esercizio [42].

Holden et al. 2020 e Rio et al. 2015 hanno valutato il dolore anche a 45 min post-esercizio con disegni di studio sovrapponibili [24,38]; una diminuzione del dolore statisticamente significativa si è mantenuta solo nel gruppo d'esercizio isometrico dello studio di Rio et al. 2015, mentre nello studio analogo di Holden et al. 2020 tale mantenimento non si è verificato in nessun gruppo d'intervento [24,38]. Rio et al. 2015 hanno anche indagato l'effetto dell'esercizio sull'inibizione corticale; i risultati dello studio hanno associato una diminuzione dell'inibizione intracorticale alla riduzione del dolore in entrambi i gruppi, con un effetto maggiore nel gruppo isometrico. Gli autori hanno indicato che questo meccanismo potrebbe essere implicato nel cambiamento del dolore percepito. Per motivare le differenze sostanziali registrate nel trial tra gruppo isometrico e isotonico, gli autori

ipotizzano, avvalendosi di studi precedenti, che le strategie e i segnali di attivazione spinale e soprasspinale possono essere diversi a seconda del tipo di contrazione: *“La percentuale di attivazione dell'unità motoria durante una contrazione isometrica è significativamente più alta di quella durante le contrazioni eccentriche o concentriche”* [24,47]. Questa considerazione è di grande rilevanza a fronte del fatto che le persone con PT sembrerebbero usare grandi quantità di inibizione per modulare la loro risposta motoria, il che potrebbe essere un meccanismo di controllo aberrante rispetto al normale controllo motorio, portando così alla recalcitranza della PT [24]. Gli stessi autori dicono che il controllo inibitorio sistemico potrebbe non essere l'unico meccanismo a spiegare la diminuzione del dolore, poiché nei soggetti con dolore bilaterale (n=3) non si è registrato alcun effetto rilevabile sul dolore al ginocchio controlaterale [24]. È stato ipotizzato un diverso effetto sui tessuti locali quando si completa una contrazione muscolare isometrica rispetto a una contrazione muscolare isotonica; a fronte di queste ipotesi, gli autori precisano che sarà necessario condurre investigazioni con numeri più grandi del campione [24]. Medesimi risultati non sono stati ottenuti da Holden et al. 2020 che nel gruppo isometrico hanno registrato una diminuzione del dolore nettamente più contenuta (5/10 baseline → 4.2/10 subito post-esercizio → 4.8/10 a 45 min post-esercizio) [38] rispetto ai risultati esposti da Rio et al. 2015 (da 7/10 a 0.17/10 con una riduzione di 6.8 punti, mantenutasi a 45min p<0.001) [24], così come testimoniano anche gli altri studi per i risultati ottenuti immediatamente dopo esercizio [42,44]. Sulla base dello studio di Holden et al. 2020 non vi è stato alcun effetto superiore statisticamente significativo dell'esercizio isometrico rispetto agli esercizi dinamici, indicando che la modalità di contrazione potrebbe non essere il fattore più importante. [38]. Bisogna tenere in considerazione nel confronto tra i due studi che Holden e colleghi hanno incluso diverse tipologie di sport e soggetti di entrambi i sessi rispetto a Rio et al. 2015 che prevedevano un gruppo d'intervento di soli n = 6 giocatori di pallavolo, tutti maschi adulti [24,38]. Un gruppo d'intervento così piccolo e ristretto a una specifica popolazione (pallavolisti maschi d'alto livello) potrebbe rendere limitata la generalizzabilità dei risultati esposti da Rio et al. 2015 [38]. Sarà necessario condurre ulteriori ricerche per chiarire i meccanismi alla base dell'analgesia indotta dall'esercizio acuto e cumulativo al fine di identificare i valori dei parametri dell'esercizio (intensità, frequenza, volume, riposo) per ottimizzare i risultati per i pazienti con tendinopatia sia a breve che a lungo termine.

### **5.1.1 - Implicazioni nella pratica clinica**

Dai risultati sopraesposti, si può dedurre che l'esercizio terapeutico risulta essere un'arma efficace nella diminuzione del dolore in acuto, a prescindere dalla forma d'esercizio e di contrazione utilizzata, nonostante i risultati di Rio et al. 2015 e Rio et al. 2017 supportino un beneficio maggiore con

l'utilizzo di esercizi isometrici. I risultati contraddittori riportati in letteratura riguardo una ipotetica maggiore efficacia delle isometrie rispetto alle altre modalità di contrazione per quanto riguarda la diminuzione del dolore in acuto dovrebbe essere oggetto di ulteriori ricerche, così come fornire ulteriori studi che vadano a indagare la durata della analgesia indotta in acuto dopo l'esercizio.

Sia l'esercizio isometrico sia l'esercizio isotonico possono essere considerate valide alternative ai protocolli d'esercizio eccentrico, soprattutto se considerati gli effetti in acuto e l'applicazione di quest'ultimi nella gestione del dolore tendinopatico durante una stagione sportiva (in-season). L'esercizio eccentrico applicato in-season si è dimostrato scarsamente efficace nella riduzione del dolore e poco tollerato [17,24,44,48,49] poiché il protocollo eccentrico prevede la necessità di provocare dolore o un certo grado di fastidio durante l'esecuzione [50]. Il clinico può educare gli atleti alla gestione della tendinopatia in-season consigliando di eseguire gli esercizi quando ritenuto più opportuno, così da sfruttare l'analgesia indotta dall'esercizio, ad esempio prima e/o dopo le partite, come designato nel trial di Rio et al. 2017 [44]. I benefici conseguenti la diminuzione del dolore ipotizzabili sono molteplici: partecipazione a un'attività d'intensità maggiore, partecipazione a più sessioni di allenamento, una plausibile riduzione/eliminazione della paura di praticare esercizio, una migliore autoefficacia e un migliore senso di controllo [44].

C'è poi da fare una ulteriore considerazione: a meno che non si parli di atleti d'alto livello e/o società sportive che hanno a disposizione spazi adeguatamente attrezzati per poter proporre l'esecuzione di protocolli d'esercizio ai propri tesserati, le isometrie risultano essere facilmente somministrabili anche in assenza di specifica attrezzatura; ad esempio basti pensare alla possibilità di eseguire una tenuta isometrica con l'utilizzo del solo peso corporeo come riportato in [figura 9](#) e/o eventuali accorgimenti del caso. L'unica incognita resterebbe come quantificare l'intensità d'esercizio da somministrare, un'ipotesi sarebbe quella di rapportare il carico esterno al BW del soggetto.



*Figura 9 - esempio di esercizio isometrico somministrabile con il solo peso corporeo - Isometric Wall Sit - (da Breda et al. 2021, materiale supplementare; [35])*

## 5.2 - Effetti cronici sul dolore e sulla funzione

### 5.2.1 - Effetti a 4 settimane

Quattro studi [39,41,44,46] hanno riportato misure di outcome a 4 settimane: nei trial di Rio et al. 2017, van Ark et al. 2016 e Liu et al. 2014 il periodo d'intervento è durato 4 settimane in totale, mentre nel trial di Labanca la misura riportata è stata presa in itinere (T2; durata totale dell'intervento 8 settimane); in quest'ultimo studio gli autori non hanno riportato nell'articolo i valori precisi relativi al dolore (NRS) e alla funzione (VISA-P), bensì hanno esposto i risultati mediante grafici che mettevano a confronto i due gruppi d'intervento (alla voce [Allegato 1](#) a fine elaborato sono stati riportati i grafici per una maggiore chiarezza nella rappresentazione dei risultati). Per i dettagli relativi ai protocolli d'intervento visionare la [tabella 4](#). Come precedentemente indicato al [paragrafo "dolore" del capitolo 3](#), Labanca et al. 2022 hanno misurato la dolorabilità durante l'esecuzione degli esercizi [39], van Ark et al. 2016 durante l'esecuzione del SLDS [46], mentre Liu et al. 2014 non hanno specificato come è stata misurata la dolorabilità ma solo la scala di misura utilizzata (VAS, 0-100 punti) [41]; infine Rio et al. 2017 a 4 settimane hanno somministrato solo la VISA-P [44].

Nello studio di Labanca et al. 2022 a 4 settimane (T2), così come durante tutto il periodo d'intervento, si è registrato un dolore al ginocchio durante l'esecuzione degli esercizi significativamente inferiore nel gruppo NMES+ (neuromuscular electrical stimulation sovrapposta all'esercizio sit-to-stand) rispetto al gruppo HSRT (heavy slow resistance training) ( $p < 0.01$ ) [39]. Per quanto riguarda la funzione, non sono state osservate differenze tra i due gruppi ma è stato osservato un effetto significativo nel tempo in entrambi ( $p < 0.001$ ) [39]. I risultati di questo studio e possibili implicazioni nella clinica saranno ampiamente discusse più avanti nel testo quando verranno approfonditi i risultati anche di altri studi che avevano un periodo di intervento più lungo.

Nello studio di van Ark sia gli esercizi isometrici che quelli isotonici si sono rivelati efficaci nella riduzione del dolore e nel miglioramento della funzione a 4 settimane su atleti (pallavolo e basket) durante la stagione sportiva (in-season). Il valore medio di dolore percepito nel gruppo isometrico è passato da 6.3 a 4.0 ( $p < 0.05$ ) e da 5.5 a 2.0 ( $p < 0.05$ ) nel gruppo isotonic, senza registrare differenze significative tra i gruppi; entrambi hanno superato il valore MCID di 2 punti relativo alla scala NRS [46]. Riguardo alla funzione (VISA-P) entrambi i gruppi hanno registrato miglioramenti statisticamente significativi; nel gruppo isometrico si è passati da 66.5 a 75.0 ( $p < 0.05$ ), mentre nel gruppo isotonic da 69.5 a 79.0 ( $p < 0.05$ ). Anche in questa misura di outcome non sono state registrate differenze significative tra i gruppi [46]. Risultati analoghi si sono ottenuti nello studio di Rio et al. 2017 per quanto riguarda il miglioramento della funzione. Anche in questo studio i gruppi d'intervento confrontavano l'esercizio isometrico e l'esercizio isotonic per un periodo di 4

settimane; i partecipanti erano atleti di pallavolo e basket. Il gruppo isometrico ha registrato un miglioramento medio di 11.5 punti (da 72.5 a 84/100 alla 4° settimana) mentre il gruppo isotonico di 10.5 punti (da 69.5 a 80/100 alla 4° settimana), non registrando differenze statisticamente rilevanti tra i due gruppi. In entrambi i trial nessun gruppo ha raggiunto a 4 settimane il MCID<sup>6</sup> di 13 punti per quanto riguarda il miglioramento nel punteggio VISA-P. I risultati ottenuti in entrambi gli studi suggeriscono per quanto riguarda la funzione che siano necessari periodi d'intervento > 4 settimane affinché i partecipanti possano percepire un reale beneficio.

Risultati di maggiore entità sono stati riportati in 4 settimane da Liu et al. 2014, dove sono stati confrontati gli effetti sul dolore (VAS, 0-100 punti) e sulla funzione (VISA-P modificata) di tre gruppi d'intervento: gruppo laser, gruppo laser + esercizio eccentrico (ECC) e gruppo esercizio eccentrico da solo (ECC). Tutti i gruppi hanno mostrato una significativa riduzione del dolore ( $p < 0.01$ ); il gruppo laser con riduzione media di 52.86 pt (pari al 77.9%), il gruppo ECC di 46.43 pt (70.1%) e gruppo ECC + laser di 62.86 pt (92.6%) [41]. Non sono state registrate differenze significative tra il gruppo laser e gruppo ECC, mentre il miglioramento del dolore è stato significativamente maggiore nel gruppo ECC + laser rispetto agli altri due gruppi ( $p < 0.05$ ) [41]. Per quanto riguarda la funzione tutti i gruppi hanno mostrato un significativo miglioramento ( $p < 0.01$ ); il gruppo laser ha registrato un incremento medio di 25.00 pt (pari al 39.6%), il gruppo ECC di 23.71 pt (35.4%) e gruppo ECC + laser di 37.71 pt (64.1%) [41]. Non sono state registrate differenze significative tra il gruppo laser e gruppo ECC, mentre il gruppo ECC + laser ha registrato un miglioramento significativamente maggiore rispetto agli altri due ( $p < 0.05$ ) [41]. I risultati di questo studio riportano che la LLLT combinata con l'esercizio eccentrico può produrre maggiori miglioramenti nel dolore e nella funzionalità del ginocchio nei pazienti con tendinopatia rotulea rispetto alla sola LLLT e al solo allenamento eccentrico in 4 settimane [41]. Bisognerebbe indagare tale effetto per periodi d'intervento maggiori e vedere se e come variano tali effetti a distanza di mesi dal termine del periodo d'intervento, ad esempio con un follow-up di controllo a 6 o a 12 mesi.

Di seguito vengono analizzate le differenze tra gli studi sopracitati al fine di motivare la discrepanza tra i risultati ottenuti a 4 settimane. Risulta arduo eseguire un confronto preciso tra lo studio di Labanca et al. 2022 e gli altri studi non potendo riportare i dati ottenuti sugli outcomes relativi alla funzione poiché, come previamente accennato, sono stati riportati solamente mediante rappresentazione grafica (vedi [allegato 1](#)), rendendo approssimativa una eventuale interpretazione dei

---

<sup>6</sup> MCID: Il MCID stabilisce il valore soglia sopra al quale il paziente avverte un miglioramento " clinicamente rilevante" rispetto a un sintomo o condizione.

dati, soprattutto alla 4<sup>o</sup> settimana, dove risulta difficile capire se i gruppi abbiano o meno superato il valore MCID della VISA-P (13pt).

Si può supporre che la discrepanza tra i risultati ottenuti da Liu et al. 2014 e gli altri studi sia dovuta alla eterogeneità delle caratteristiche dei partecipanti; di seguito vengono riportate i principali elementi evidenziabili dopo una approfondita lettura degli articoli.

Nello studio di Liu et al. 2014:

- 1- i partecipanti erano studenti della Facoltà di Educazione Fisica e Scienze dello Sport della South China Normal University (età tra 18 e 23 anni)
- 2- non sono stati indicati altri dati relativi alle caratteristiche dei partecipanti come, ad esempio, la durata dei sintomi, il livello e le ore di partecipazione settimanali ad attività fisica/sportiva, l'interruzione o meno durante il periodo del trial degli allenamenti personali da parte dei partecipanti.
- 3- Il dolore è stato misurato mediante la Visual Analog Scale (VAS; 0-100 pt) senza specificare in quale contesto/attività venisse richiesta tale valutazione (es. durante l'esecuzione di un salto, un SLDS, la dolorabilità media durante ultima settimana precedente alla misurazione ecc...).

Si può presumere che la maggior parte degli studenti partecipanti allo studio, per la natura stessa del percorso di formazione accademica intrapreso, potessero essere soggettivamente/fisicamente attivi; nonostante ciò, è poco plausibile che il livello e l'ammontare di ore settimanali spese ad allenarsi/giocare sia equiparabile a quello dei partecipanti degli altri due studi presi in esame. I partecipanti di van Ark et al. 2016 e Rio et al. 2017 erano tutti atleti di pallavolo o basket che si allenavano almeno 3 volte a settimana; l'intervento è stato somministrato durante la stagione sportiva agonistica e non è stata richiesta alcuna astensione ad attività di allenamento e/o di gioco [44,46]. Infine, ulteriore spiegazione si potrebbe ricercare nella differenza tra la durata della sintomatologia. Tale differenza nella magnitudo dei risultati ottenuti potrebbe essere dipesa quindi da tutti questi fattori; queste risultano essere comunque congetture dovute a mancanze nella descrizione di questi dati nel trial di Liu et al. 2014 [41].

### 5.2.2 - Effetti da 12 a 52 settimane

Cinque articoli hanno riportato gli effetti sul dolore e sulla funzione a 12 settimane [35,36,40,43,45].

Ruffino et al. 2021 hanno messo a confronto l'efficacia su dolore e funzione di due modalità d'esercizio differenti: l'inertial flywheel resistance training (IFRT) e l'heavy slow resistance training (HSRT) in atleti amatoriali aventi tendinopatia rotulea che si allenavano almeno 2 volte a settimana [45]. Gli autori non hanno registrato differenze statisticamente significative tra i gruppi sia per il dolore (NRS durante SLDS e leg extension) che per la funzione a 12 settimane (VISA-P). Il dolore medio percepito durante l'esecuzione del SLDS è passato da 7.2 a 3.7 e da 6.2 a 2.9 rispettivamente nel gruppo IFRT e HSRT, mentre il dolore percepito durante l'esecuzione di 6 ripetizioni al 50% del BW alla leg extension è passato da 4.9 a 2.7 e da 4.7 a 2.1 rispettivamente nel gruppo IFRT e HSRT [45]. Per quanto riguarda il questionario VISA-P, il gruppo IFRT ha totalizzato un miglioramento di +22.2 punti mentre il gruppo HSRT pari a +22.8 [45]. Gli autori, alla luce dei risultati ottenuti, suggeriscono che i clinici potrebbero prendere in considerazione l'inertial flywheel resistance training come valida alternativa all'HSRT per la gestione delle tendinopatie [45].

Nella revisione sistematica e meta-analisi del 2017 di Maroto-Izquierdo e colleghi, l'IFRT si è dimostrato superiore al tradizionale resistance training, per promuovere l'ipertrofia, la forza e la potenza muscolare in soggetti sani e atleti [51]. In tale revisione vengono espressi anche i meccanismi per il quale l'IFRT risulta essere efficace nel promuovere tali adattamenti [51], i quali potrebbero sottendere almeno in parte al miglioramento osservato nel trial di Ruffino e colleghi. L'IFRT sfrutta l'uso della resistenza inerziale tramite un dispositivo a volano rotante, richiedendo velocità di contrazione muscolare maggiori rispetto all'allenamento di resistenza tradizionale [52], categoria nella quale può rientrare l'HSRT. Durante la fase concentrica la forza applicata srotola una corda/cinghia collegata all'albero del volano, che inizia a ruotare e ad accumulare energia proporzionale alla velocità di rotazione [51]. Tanto più è alta la forza applicata in questa fase, tanto più alta sarà la velocità di rotazione imposta al volano e l'energia cinetica accumulata. Una volta completata la fase concentrica, la corda/cinghia si riavvolge e l'atleta deve resistere alla trazione imposta dal volano eseguendo una contrazione muscolare eccentrica atta a frenare la rotazione del volano stesso [51]. La fase eccentrica viene eseguita resistendo delicatamente alla forza inerziale nella sua prima metà ed esercitando il massimo sforzo per frenare il volano e invertire il suo senso di rotazione nella seconda metà del movimento eccentrico; in questa fase si verifica un sovraccarico eccentrico richiedendo al soggetto un'alta produzione di forza in un lasso molto breve di tempo (potenza), per avviare immediatamente la successiva azione concentrica [51]. Il sovraccarico eccentrico viene prodotto principalmente a un angolo articolare vicino ai 90° durante l'estensione del ginocchio, appena prima che venga avviata la

fase concentrica. Questa tecnica di esercizio sarebbe in grado di generare forze maggiori durante l'azione muscolare eccentrica, massimizzando il ciclo di allungamento-accorciamento (SSC) e quindi la capacità di produrre una forza maggiore nella successiva azione concentrica [51]. Gli adattamenti indotti dall'inertial flywheel sul muscolo e le richieste specifiche di contrazione di questa metodica di allenamento, potrebbero motivare il risultato ottenuto nello studio di Ruffino e colleghi. Questo studio è il primo RCT che mette a confronto l'inertial flywheel con altre modalità di trattamento della tendinopatia rotulea [52]; nonostante i risultati promettenti, sono necessari studi futuri che vadano a indagare e comparare gli effetti del IFRT con altre modalità d'intervento al fine di consolidare i risultati riportati.

Anche Agergaard et al. 2021 hanno messo a confronto due gruppi d'intervento che includevano entrambi un protocollo di resistance training (RT); lo scopo degli autori era quello d'indagare l'impatto che l'intensità dell'esercizio (moderata vs pesante) ha sulla diminuzione del dolore e il miglioramento della funzione in atleti amatoriali aventi tendinopatia rotulea [36]. Per quanto riguarda il dolore percepito (durante corsa, squat, sport preferito, SLDS) entrambi gli interventi sono risultati efficaci, senza differenze statisticamente significative tra il gruppo MSRT (moderate slow resistance training) e il gruppo HSRT [36]. Il gruppo HSRT ha registrato i seguenti valori relativi al dolore (NRS) durante l'esecuzione del SLDS, rispettivamente di:  $4.3 \pm 0.4$  al baseline,  $2.4 \pm 0.4$  alla 6° settimana,  $2.0 \pm 0.4$  alla 12° settimana e di  $1.4 \pm 0.4$  alla 52° settimana; mentre il gruppo MSRT durante il SLDS ha registrato i seguenti valori:  $3.9 \pm 0.3$  al baseline,  $2.3 \pm 0.4$  alla 6° settimana,  $1.9 \pm 0.3$  alla 12° settimana,  $1.3 \pm 0.4$  alla 52° settimana [36]. Anche nei miglioramenti relativi alla funzione (VISA-P) i due gruppi hanno ottenuto risultati simili senza differenze statisticamente significative. I gruppi hanno registrato rispettivamente i seguenti punteggi: baseline =  $58.8 \pm 4.3$  (HSRT) e  $59.9 \pm 2.5$  (MSRT), settimana 6 =  $65.8 \pm 6.7$  (HSRT) e  $69.9 \pm 2.8$  (MSRT), settimana 12 =  $70.5 \pm 4.4$  (HSRT)  $72.5 \pm 2.9$  (MSRT), settimana 52 =  $79.7 \pm 4.6$  (HSRT)  $82.6 \pm 2.5$  (MSRT) [36]. Nonostante l'aderenza al protocollo d'esercizio sia stata leggermente più bassa nel gruppo HSRT rispetto al MSRT (78% vs 86%), questa differenza non è risultata statisticamente rilevante ( $P = 0.13$ ) [36]. Contrariamente alle ipotesi degli autori, che si aspettavano un miglioramento maggiore a favore del gruppo HSRT, il gruppo MSRT si è dimostrato ugualmente efficace nel ridurre il dolore e migliorare la funzione [36].

Una possibile spiegazione potrebbe essere che nel gruppo MSRT sia stato comunque indotto un sovraccarico progressivo. Di fatti, nonostante l'intensità d'esercizio fosse rimasta invariata (55% 1RM) per tutto il periodo d'intervento, il parametro di riferimento dell'1RM nello studio veniva ritestato indirettamente ogni due settimane tramite un test sub-massimale di 5-RM, così da adattare di conseguenza i carichi di allenamento [36]. Agergaard e colleghi hanno registrato un significativo

aumento della forza muscolare dopo 12 settimane ( $P < 0.0001$ ) senza differenze statisticamente significative tra i gruppi e, di conseguenza, è plausibile il carico assoluto utilizzato dal gruppo MSRT sia incrementato durante le settimane di protocollo, portando di fatto all'applicazione di un sovraccarico progressivo nelle settimane [36].

A 12 settimane d'intervento entrambi i gruppi dello studio di Agergaard et al. 2021 si sono avvicinati alla MCID (13pt) per quanto riguarda la VISA-P senza però superarla (HSRT + 11.7 e MSRT + 12.6), a differenza dei risultati riportati nel trial di Ruffino et al. 2021, in cui entrambi i gruppi d'intervento hanno superato ampiamente tale valore (IFRT +22.2 pt e HSRT +22.8 pt) [36,45]. Mettendo a confronto i due gruppi HSRT dei due trial, le caratteristiche dei campioni d'intervento risultano abbastanza sovrapponibili (visionare [tabella 4](#)), mentre i protocolli d'intervento differiscono per il volume totale, scelta degli esercizi e numero di sedute con supervisione da parte di personale qualificato a settimana. Riguardo a questi punti, Ruffino et al. 2021 hanno selezionato 3 esercizi bipodalici (leg squat, leg press e hack squat), fatto eseguire 4 serie per ogni esercizio con un'intensità crescente dalla settimana 1 (15RM) alla settimana 12 (6RM), facendo supervisionare tutte e 3 le sessioni di allenamento settimanale; la compliance alle sedute di allenamento del gruppo HSRT è stata del 89.9% (88.4% per il gruppo IFRT) [45]. Agergaard et al. 2021 invece hanno selezionato un esercizio bipodalico e un esercizio monopodalico (leg press e leg extension) e fatto eseguire un numero di serie crescente al crescere dell'intensità dalla settimana 1 (3 serie al 55% 1RM) alla settimana 12 (5 serie al 90% 1RM) facendo supervisionare una sessione su 3 settimanali; la compliance del gruppo HSRT è stata del  $78\pm 4\%$  ( $86\pm 2\%$  per il gruppo MSRT) [36]. Salta all'occhio che tra i due gruppi ci sia stata una differenza sostanziale (circa del 12%) nella percentuale di aderenza al protocollo d'esercizio, molto probabilmente data dalla mancanza di supervisione in 2 sessioni su 3 di allenamento settimanali del gruppo HSRT di Agergaard et al. 2021. La maggior compliance al piano di trattamento e la supervisione costante durante ogni sessione di allenamento del gruppo di Ruffino et al. 2021 potrebbe in parte spiegare la marcata differenza nel miglioramento della funzione a 12 settimane tra questi due gruppi.

Un altro studio ha incluso l'HSRT come metodica di trattamento, mettendolo a confronto con il Whole body vibration (WBV) con l'intento di verificare se queste due metodiche risultassero equivalenti nel trattamento della tendinopatia rotulea [43]. Il campione incluso nello studio (soggetti fisicamente attivi) è stato diviso mediante procedura randomizzata in 3 gruppi: gruppo HSRT, gruppo WBV e il gruppo Wait-list control (WLC) [43]. Quest'ultimo gruppo aveva lo scopo di fungere da gruppo di controllo per gli altri due; alla fine del periodo d'intervento per i gruppi HSRT e WBV, ai partecipanti del gruppo WLC è stato poi offerto uno dei due trattamenti su base casuale. Rieder et al.

2022 hanno misurato il dolore percepito durante la pratica dello sport preferito dai partecipanti [43]. A 12 settimane i punteggi sono risultati significativamente più bassi nel gruppo HSRT ( $F(1,26) = 6.50, p = 0.005, \eta^2p = 0.33$ ) e WBV ( $F(1,27) = 3.95, p = 0.031, \eta^2p = 0.23$ ) rispetto al gruppo WLC, con diminuzioni rispettivamente di  $-3,5 \pm 2,6$  punti e  $-3,8 \pm 2,4$  punti; tali miglioramenti si sono mantenuti a 6 mesi (VAS:  $-3,3 \pm 2,9$ pts per HSRT,  $-3,5 \pm 4,2$ pts per WBV), senza differenze statisticamente significative tra i gruppi [43]. Per quanto riguarda la funzione entrambi i gruppi hanno registrato miglioramenti statisticamente significativi rispetto al gruppo WLC nel questionario VISA-P a 12 settimane: HSRT  $+22 \pm 15$  punti ( $F(1,26) = 10.52, p = 0.003, \eta^2p = 0.29$ ) e WBV  $+13 \pm 14$  punti ( $F(1,27) = 5.94, p = 0.022, \eta^2p = 0.18$ ); tali miglioramenti sono stati mantenuti a 6 mesi (VISA P: HSR  $+23 \pm 20$ pts, WBV  $+14 \pm 14$  pts) [43]. A 12 settimane si è registrata anche una differenza statisticamente significativa tra il gruppo HSRT e WBV nel miglioramento del punteggio alla VISA-P [43]. I gruppi hanno mantenuto una percentuale d'aderenza al protocollo pari all' $81 \pm 10\%$  e all' $84 \pm 9$  rispettivamente per il gruppo HSRT e WBV; tutte le sessioni di allenamento erano supervisionate da personale qualificato [43]. Gli autori hanno riportato in un grafico a intervallo di confidenza (vedere [allegato 2](#) per visionare il grafico) i risultati ottenuti al fine di stabilire se ci fosse o meno equivalenza tra i due trattamenti. Il grafico mostra una inconcludente superiorità dell'HSRT rispetto al WBV nel miglioramento della VISA-P nel periodo pre-post-intervento perché l'intervallo di confidenza del gruppo HSRT comprende il margine di equivalenza ( $\pm 13$  punti) [43]. Gli autori sottolineano che entrambi gli interventi risultano efficaci nella riduzione del dolore e nel miglioramento della funzione, ma l'HSRT potrebbe essere superiore [43].

I risultati ottenuti nel gruppo HSRT da Rieder et al. 2022 riguardo al miglioramento nel punteggio VISA-P a 12 settimane ricalcano quelli di Ruffino et al. 2021 [43,45]; entrambi i protocolli prevedevano gli stessi esercizi, la medesima progressione dei carichi durante le settimane, la stessa frequenza d'allenamento, una supervisione al 100% delle sedute previste nel periodo d'intervento, così da massimizzare l'aderenza dei partecipanti e controllare la rigorosa applicazione dei criteri stabiliti dai protocolli così come l'adeguata esecuzione degli esercizi. I gruppi d'intervento dei due studi differivano sostanzialmente solo nella durata dei sintomi, la quale era cospicuamente maggiore nei gruppi di Rieder et al. 2022 [43].

L'esercizio eccentrico si è affermato nei primi anni 2000 come una modalità efficace nel trattamento delle tendinopatie [29,53]; per questo in molti studi viene utilizzato come intervento di controllo al fine di verificare l'efficacia di nuove modalità d'intervento e di ampliare le possibilità terapeutiche efficaci nel trattamento delle tendinopatie. Breda et al. 2021 e Lee et al. 2020 hanno confrontato due differenti modalità d'intervento con l'esercizio eccentrico (ECC) al fine di confrontarne l'efficacia

nella diminuzione del dolore e miglioramento della funzione in soggetti aventi tendinopatia rotulea [35,40].

Lo studio di Lee et al. 2020 ha messo a confronto due gruppi d'intervento: gruppo ECC e un gruppo con un intervento combinato (ECC + ESWT; per i dettagli prendere visione della [tabella 4](#)) per un periodo d'intervento di 12 settimane; lo scopo degli autori era quello di verificare se ci fosse correlazione tra i miglioramenti clinici e il cambiamento nelle proprietà meccaniche dei tendini in atleti che soffrivano di tendinopatia rotulea [40]. Gli autori hanno misurato a 12 settimane la dolorabilità media percepita dagli atleti nell'arco dei 7 giorni precedenti alla misurazione, osservando una riduzione rispettivamente di 3.4 punti (da  $6.6 \pm 2.0$  a  $3.2 \pm 2.5$ ) nel gruppo ECC e di 2.8 punti (da  $6,7 \pm 1,9$  a  $3,9 \pm 1,9$ ) nel gruppo combinato sulla scala VAS [40]. Per quanto riguarda la funzione, il punteggio al questionario VISA-P è migliorato di 19.9 punti (da  $57,4 \pm 8,3$  a  $77,3 \pm 12,6$  punti) nel gruppo ECC e di 17.8 punti (da  $55,1 \pm 12,9$  a  $72,9 \pm 14,3$  punti) nel gruppo combinato [40]. Sia per il dolore che per la funzione non si sono registrate differenze statisticamente rilevanti tra i gruppi. Nello studio Lee et al. 2020 l'utilizzo di un approccio combinato (ECC+ESWT) non ha mostrato effetti superiori a quelli ottenuti con il solo esercizio eccentrico nel trattamento della tendinopatia rotulea in soggetti atleti [40].

Lo studio di Breda et al. 2021 comprendeva un gruppo d'intervento di ECC e un gruppo d'intervento denominato Progressive Tendon-Loading Exercise che prevedeva 4 stage di progressione (PTLE; visionare [tabella 4](#) per una descrizione dettagliata dei protocolli d'intervento degli studi); il periodo d'intervento era della durata di 24 settimane [35]. Ai partecipanti dello studio, soggetti fisicamente/sportivamente attivi che si allenavano almeno 3 volte a settimana, era concesso continuare la propria attività sportiva/allenamento solo se procurava un lieve fastidio ( $VAS \leq 3/10$ ) [35]. A 12 settimane, a metà del periodo d'intervento, è stato registrato un miglioramento del punteggio VISA-P in entrambi i gruppi senza differenze statisticamente significative tra il gruppo ECC e PTLE ( $p=0.69$ ), con valori che sono passati rispettivamente da 57 a 70.7 (ECC) e da 56 a 72.1 (PTLE) [35], superando in entrambi il valore MCID di 13 punti. Al termine del periodo d'intervento (24 settimane) si è registrata una differenza statisticamente significativa ( $p=0.023$ ) nel miglioramento del punteggio VISA-P tra i due gruppi a favore del gruppo PTLE che è migliorato di 28 punti totali (da 56 a 84.0 punti) a fronte dei 18.2 del gruppo ECC (57 a 75.2 punti)[35]. Inoltre, a 24 settimane il dolore percepito durante l'esecuzione degli esercizi era significativamente minore nel gruppo PTLE rispetto a quello ECC (2 vs 4 sulla scala VAS;  $p=0.006$ ) [35]. Anche se non statisticamente significativa, si evidenzia una tendenza positiva di ritorno allo sport (RTS) al livello pre-infortunio più alta nel gruppo PTLE (43%) rispetto al gruppo ECC (27%) a 24 settimane d'intervento ( $p=0.16$ )

[35]. Entrambi i gruppi hanno eseguito tutte le sessioni di allenamento non supervisionati; nonostante la limitata aderenza al protocollo di allenamento da parte di entrambi i gruppi (40% PTLE e 49% ECC), sono stati raggiunti miglioramenti clinicamente rilevanti [35]. Secondo gli autori, probabilmente i miglioramenti sarebbero stati ancora più importanti qualora i protocolli avessero previsto una supervisione delle sedute di allenamento da parte di personale qualificato, così da alzare la percentuale di aderenza da parte dei partecipanti, migliorare la continuità di trattamento e quindi probabilmente l'efficacia di quest'ultimo [35]. Gli autori raccomandano un programma PTLE con esercizi aggiuntivi mirati ai fattori di rischio, alla gestione del carico e all'educazione del paziente come base del trattamento della tendinopatia in pazienti fisicamente attivi [35].

Altri studi, oltre a Breda et al. 2021, hanno riportato misure di outcome a 24 mesi [35,39,43]. Come in precedenza riportato, nello studio di Labanca et al. 2020, al follow up fissato a 6 mesi (24 settimane) non sono state osservate differenze tra i due gruppi (NMES+ e HSRT); entrambi i gruppi hanno registrato un effetto significativo ( $p < 0.001$ ) nel miglioramento del punteggio VISA-P. A fronte dei risultati ottenuti, gli autori dichiarano che il NMES+ è ugualmente efficace nel ridurre il dolore, migliorare i sintomi e aumentare la forza muscolare come HSRT nei soggetti con tendinopatia rotulea; inoltre, NMES+ ha il vantaggio di essere un metodo di allenamento praticamente pain-free [39]. È possibile visionare il grafico dello studio alla voce allegati alla fine del testo ([allegato 1](#)). Nello studio di Rieder et al. 2021 i miglioramenti registrati a fine intervento (12° settimana) si sono mantenuti a 6 mesi ( $\Delta$  pre-follow-up VISA-P: HSRT  $+23 \pm 20$  pt, WBV  $+14 \pm 14$  pt; VAS: HSRT  $-3,3 \pm 2,9$  pt, WBV  $-3,5 \pm 4,2$  pt). Nonostante sia stata registrata una differenza statisticamente significativa nel miglioramento della funzione a 12 settimane a favore del gruppo HSRT, tale superiorità risulta statisticamente inconclusiva anche a 24 settimane (visionare [allegato 2](#) per il grafico a intervallo di confidenza).

Infine, solo Agergaard e colleghi hanno eseguito un follow up a 1 anno (52 settimane) [36]; in entrambi i gruppi (MSRT e HSRT) i risultati ottenuti al termine del periodo d'intervento (12 settimane) sono migliorati ancora a distanza di un anno, in maniera significativa nelle misure di outcome relative alla funzione mentre in maniera non significativa in quelle relative al dolore. ( $\Delta$  pre-follow-up NRS  $p > 0.05$ : MSRT  $-0.6 \pm 0.4$  e HSRT  $-0.7 \pm 0.4$ ; VISA-P  $p < 0.01$ : MSRT  $+10.1 \pm 2.8$  e HSRT  $+9.1 \pm 2.8$ ). A 52 settimane, come in tutto il trial, non è stata rilevata nessuna differenza statisticamente significativa tra i due gruppi.

### 5.2.3 - Considerazioni generali

Nella maggior parte degli studi compresi in questa revisione sono stati necessari periodi d'intervento compresi tra 1 a 3 mesi per raggiungere miglioramenti clinicamente rilevanti per quanto riguarda la funzione (miglioramento del punteggio VISA-P >13 punti) [35,39,40,43,45]. Nessuna modalità d'intervento passiva o combinata è risultata essere superiore al solo esercizio nella riduzione del dolore e miglioramento della funzione nei trial presi in considerazione [39,40,43], eccezion fatta per Liu et al. 2014, dove il gruppo combinato sottoposto a esercizio eccentrico (ECC) e laserterapia a bassa intensità (LLLT) ha registrato i miglioramenti maggiori in confronto alla sola LLLT o al solo ECC dopo 4 settimane d'intervento [41]. Bisognerebbe indagare tale effetto per periodi d'intervento più lunghi, così come se tali miglioramenti risultino conservati a distanza di 6/12 mesi, comparandoli con modalità d'esercizio come l'ECC e l'HSRT, essendo quest'ultime le modalità d'esercizio maggiormente indagate in letteratura. Anche l'elettrostimolazione neuromuscolare associata a un esercizio di sit-to-stand ha prodotto risultati promettenti [39]; l'esecuzione dell'esercizio è risultata statisticamente meno dolorosa durante tutto il periodo d'intervento comparata al protocollo del gruppo HSRT, producendo risultati equiparabili nel miglioramento della funzione. Anche in questo caso, è necessario che altri studi vadano a indagare il potenziale contributo della NMES da sola e associata ad esercizio nella diminuzione del dolore e miglioramento della funzione, comparandola con forme d'intervento già affermate in letteratura, al fine di consolidare i risultati ottenuti nel trial di Labanca et al. 2020. Il protocollo d'intervento NMES+ potrebbe aver funzionato per via di un plausibile maggior reclutamento delle unità motorie del quadricipite femorale rispetto al HSRT, andando a ovviare al maggior grado d'inibizione corticale al quale sono soggetti gli individui aventi tendinopatia rotulea rispetto a individui sani [20,24,54]. Tale protocollo potrebbe aver abbassato questa percentuale d'inibizione dell'alfa motoneurone e della placca neuromuscolare, così da migliorare il reclutamento muscolare del quadricipite stesso e contribuire al miglioramento della presentazione clinica nei soggetti del gruppo NMES+ dello studio di Labanca et al. 2020. Sarebbe curioso indagare l'effetto combinato tra NMES e un protocollo di resistance training, come quello HSRT, sul dolore e sulla funzione in atleti aventi PT.

Tutte le modalità d'intervento che prevedevano una qualsiasi forma d'esercizio sono risultate efficaci nella riduzione del dolore e miglioramento della funzione in soggetti fisicamente/sportivamente attivi aventi PT [35,36,39–41,43–46], il che suggerisce che non sembrerebbe esserci una modalità di contrazione più efficace, né tanto meno una modalità d'esercizio; quello che risulta fondamentale è un sovraccarico progressivo adeguato apportato al tendine. Dopo 12 settimane d'intervento, l'HSRT è stata la modalità d'esercizio che ha registrato i risultati migliori nella riduzione del dolore e

miglioramento della funzione, riprodotti in almeno due studi [43,45], senza però necessariamente che questi risultati risultino statisticamente superiori ai risultati ottenuti con le altre modalità prese in esame (ECC, IFRT, PTLE). Risultati degni di nota si sono ottenuti nello studio di Ruffino e colleghi con l'utilizzo dell'inertial flywheel resistance training (IFRT) [45]. Come precedentemente accennato, i risultati preliminari di questo RCT sono incoraggianti, nonostante siano necessari ulteriori studi con campioni più grandi per confermare l'efficacia dell'IFRT come trattamento della tendinopatia rotulea [52].

Un altro risultato sorprendente è quello osservato nel trial di Agergaard et al. 2021, nel quale il protocollo di resistance training a moderata intensità e lenta velocità d'esecuzione (MSRT; 55% 1RM) ha mostrato risultati equiparabili a quelli osservati nel gruppo ad alta intensità (HSRT; 90% 1RM). Questi risultati sottolineano che nel trattamento delle tendinopatie risulta efficace l'applicazione di un adeguato sovraccarico progressivo e che si possono ottenere miglioramenti clinici di eguale entità senza raggiungere necessariamente alte intensità d'esercizio. Ciò nonostante, il trial di Agergaard et al. risulta essere l'unico studio in letteratura che abbia indagato l'effetto di differenti intensità d'esercizio nella tendinopatia rotulea; quindi, queste considerazioni necessitano di ulteriori studi affinché possano essere confermate e/o smentite.

A 24 settimane d'intervento, benché solo uno studio abbia protratto il periodo di trattamento così a lungo, il PTLE ha prodotto risultati statisticamente maggiori nel miglioramento degli outcome clinici rispetto all'esercizio eccentrico. Il PTLE prevede un programma di esercizi di carico tendineo progressivo in quattro stage, con l'obiettivo di sviluppare la tolleranza al carico del tendine stesso (prendere visione della [tabella 4](#) per i dettagli). Nello stage 1 vengono proposti esercizi isometrici per ridurre il dolore e l'inibizione corticale [35]. Durante lo stage 2 si cerca di costruire tolleranza al carico alternando esercizi isotonici con gli esercizi isometrici dello stage precedente [35]; questa fase ricalca i principi dell'HSRT. Nello stage 3 vengono proposti, ogni 3 giorni, esercizi pliometrici; nei due giorni d'intervallo vengono proposti gli esercizi degli stage precedenti, uno stage per giorno [35]. Anche questa fase viene caratterizzata da una progressione del carico gravante sul tendine, ponendo enfasi in prima istanza sulle richieste di accumulo energetico da parte del tendine per poi passare a richieste di accumulo e rilascio di energia via via più impegnative [35]. Infine, nello stage 4 vengono introdotte esercitazioni sport specifiche ogni 2-3 giorni, mentre negli altri giorni vengono mantenuti gli esercizi isometrici della prima fase. Alla fine dei 4 stage viene consigliato il RTS [35]. Gli esercizi di ogni fase vengono eseguiti e/o adattati in base alla dolorabilità del soggetto ( $VAS \leq 3/10$ ) [35]. Questo protocollo d'esercizio segue rigorosamente quelle che sono le priorità nella gestione delle tendinopatie, soprattutto in soggetti atleti: ridurre il dolore e sviluppare la capacità di carico del

tendine con un sovraccarico graduale e ponderato, aumentando l'intensità e la complessità dei movimenti specifici, fino a raggiungere i carichi ad alto impatto in accumulo e rilascio di energia, tipico della performance sportiva [15].

Un punto debole di questa tipologia d'intervento potrebbe essere l'aderenza al protocollo. Prevedendo ad esempio nello stage 3 di eseguire nell'arco di 3 giorni in successione esercizi isometrici (1° giorno), isotonici (2° giorno) e pliometrici (3° giorno), l'atleta, soprattutto quello amatoriale, potrebbe essere poco aderente e costante nell'attenersi al protocollo per via dell'alta frequenza d'intervento richiesta.

Come viene evidenziato nei trial di Agergaard et al. 2021 e Breda et al. 2021, per atleti che soffrono di tendinopatia rotulea possono essere necessari periodi di tempo lunghi per ritornare ai livelli pre-infortunio di partecipazione sportiva (RTS). Nel trial di Breda et al. 2021 i tassi di RTS a livelli pre-infortunio dopo 6 mesi d'intervento sono stati pari al 43% dei partecipanti al gruppo PTLE e il 27% per il gruppo ECC, mentre in quello di Agergaard e colleghi nessuno degli esiti clinici o delle ore di partecipazione sportiva settimanale erano tornati completamente ai livelli precedenti l'infortunio dopo 1 anno. Da questi risultati si può dedurre che, in una popolazione sportiva, per il ripristino completo dei parametri clinici e del livello di partecipazione sportiva precedente all'infortunio possano volerci periodi di tempo superiori a un anno [36]. Tali considerazioni trovano riscontro nella letteratura: Malliaras et al. 2013 riportano deficit neuromuscolari e di prestazione di salto a distanza di 12 mesi fino a 5 anni, correlabili a un carico inadeguato o a una mancanza di carico di mantenimento appropriato [55].

## **6. CONCLUSIONI**

L'efficacia nella riduzione del dolore in acuto (immediatamente dopo l'intervento e/o 45 minuti dopo l'intervento) è stata indagata in 4 gli studi che hanno incluso e confrontato tra di loro diverse modalità d'esercizio terapeutico; tre hanno confrontato l'esercizio isometrico e l'esercizio isotonico, mentre uno isometrie di diversa durata (isometrie da 40'' vs isometrie da 10'') [24,38,42,44]. Nessuno di questi studi ha confrontato l'esercizio con altre modalità d'intervento (passive e/o combinate). Dai risultati emersi, si può dedurre che l'esercizio terapeutico risulta essere un'arma efficace nella diminuzione del dolore in acuto, a prescindere dalla forma d'esercizio e di contrazione utilizzata; inoltre le isometrie lunghe (40'') e quelle brevi (10'') hanno fornito risultati equivalenti [42]. Ciò nonostante, esistono prove contrastanti che l'esercizio isometrico sia effettivamente superiore rispetto a quello isotonico nella grandezza e nella durata dell'effetto analgesico indotto rispetto alla modalità isotonica [24,38,44].

Per quanto riguarda gli effetti osservati nel cronico, nove studi hanno indagato gli effetti sul dolore e/o sulla funzione; nessuna modalità d'intervento passiva o combinata è risultata essere superiore al solo esercizio nella riduzione del dolore e miglioramento della funzione nei trial presi in considerazione [39,40,43], eccezion fatta per Liu et al. 2014 [41]. In questo studio il gruppo combinato sottoposto a esercizio eccentrico (ECC) e laserterapia a bassa intensità (LLLT) ha registrato i miglioramenti maggiori in confronto alla sola LLLT o al solo ECC dopo 4 settimane d'intervento [41]. I risultati di questo studio dovrebbero essere però presi con cautela poiché (1) i partecipanti erano studenti della Facoltà di Educazione Fisica e Scienze dello Sport della South China Normal University (età tra 18 e 23 anni) e non sono state indicate altre caratteristiche come, ad esempio, la durata dei sintomi, il livello e le ore di partecipazione settimanali ad attività fisica/sportiva, l'interruzione o meno durante il periodo del trial degli allenamenti; (2) il dolore è stato misurato mediante la Visual Analog Scale (VAS; 0-100 pt) senza specificare in quale contesto/attività venisse richiesta tale valutazione. Questi dati mancanti rendono difficile la comparazione con gli studi presenti in letteratura e con quelli futuri; al netto di queste considerazioni, bisognerebbe indagare tale effetto per periodi d'intervento maggiori e vedere se e come variano tali effetti a distanza di 6/12 mesi dal termine del periodo d'intervento.

Tutte le modalità d'intervento che prevedevano una qualsiasi forma d'esercizio sono risultate efficaci nella riduzione del dolore e miglioramento della funzione in soggetti fisicamente/sportivamente attivi aventi PT [35,36,39–41,43–46]; non sembrerebbe esserci una modalità d'esercizio più efficace. Quello che risulterebbe fondamentale sembrerebbe essere apportare un sovraccarico progressivo adeguato al tendine al fine di migliorare il quadro clinico. Questa considerazione trova fondamento nel concetto di “punto meccanostatico” elaborato da Docking e Cook per spiegare le modalità di adattamento di un tendine [12].

Risultati degni di nota sono stati riportati nei trial di Breda et al. 2021 e Ruffino et al. 2021. Nel primo studio, il protocollo PTLE ha prodotto risultati statisticamente migliori rispetto al protocollo ECC, mentre nel secondo l'IFRT ha prodotto risultati equiparabili a quelli ottenuti dall'HSRT. Questi due studi risultano comunque essere i primi presenti in letteratura a indagare l'effetto sulla PT di questi due protocolli e sono necessari studi futuri per confermare questi promettenti risultati.

Ulteriormente, dai risultati emersi, nella maggior parte degli studi inclusi sono stati necessari periodi d'intervento compresi tra 1 a 3 mesi per raggiungere miglioramenti clinicamente rilevanti per quanto riguarda la funzione (miglioramento del punteggio VISA-P >13 punti) [35,39,40,43,45]. Come precedentemente riportato, i tempi di RTS ai livelli pre-infortunio nella tendinopatia rotulea risultano essere variabili e potenzialmente lunghi e superiori a un anno [36,55]. Questi dati trovano riscontro

nella pratica clinica al fine di informare ed educare il paziente rispetto alla prognosi e al percorso che bisogna intraprendere, aumentando potenzialmente l'alleanza terapeutica e l'aderenza al trattamento.

## 6.1 - Limitazioni

Di seguito vengono riportate le limitazioni riscontrate in questa revisione narrativa e negli studi inclusi:

- 1- La presente revisione narrativa si è avvalsa della sola scala di valutazione del database PEDro per condurre un'analisi qualitativa e identificare i possibili bias degli studi inclusi. Quattro studi inclusi non erano presenti nel database [39,41–43]; tutti gli altri studi avevano una valutazione  $\geq 5/10$  sulla scala PEDro.
- 2- Nonostante la maggior parte degli studi includesse soggetti fisicamente/sportivamente attivi, la popolazione tra gli studi è risultata eterogenea per livello di partecipazione sportiva (atleti d'alto livello / atleti amatoriali / soggetti fisicamente attivi). Risultati più omogenei si sarebbero ottenuti utilizzando criteri di selezione più stringenti come, ad esempio, la tipologia di sport, il livello dell'atleta, l'ammontare di ore settimanali di allenamento e la durata della sintomatologia.
- 3- Prendendo in considerazione il numero totale dei partecipanti a ogni studio, il campione complessivo ammonta a 386 soggetti, di cui 329 di sesso maschile e 57 di sesso femminile, con un rapporto M:F pari a quasi 6:1. Risulta evidente la predominanza di popolazione maschile negli studi che indagano la tendinopatia rotulea; in una recente revisione sistematica di Mondini Trissino Da Lodi et al. 2022 emerge un "vuoto di genere" che fa riferimento alla mancanza di dati sulla popolazione femminile [56]. L'indagine fa riferimento agli studi pubblicati tra il 1983 e il 2021; i soggetti di sesso femminile sui quali si sono studiati gli effetti del trattamento per la tendinopatia rotulea sono a malapena 78, circa il 2% di tutti i pazienti studiati in letteratura su questo argomento [56], decretando l'impossibilità di generalizzare sull'efficacia dei trattamenti su ambo i sessi a priori. Per tanto, futuri studi dovranno concentrarsi sul colmare questo divario e indagare la necessità o meno di strutturare trattamenti differenti basati sulle differenze di genere.
- 4- Proseguendo con i limiti riscontrati, nella misurazione del dolore si è osservata una eterogeneità nelle misure di outcome utilizzate per quanto riguarda il dolore. I risultati sarebbero stati più facilmente e direttamente comparabili se tutti i trial avessero utilizzato test o modalità di valutazione della dolorabilità standardizzati, come ad esempio il SLDS.
- 5- Solo lo studio di Rieder et al. 2020, in base al disegno di studio utilizzato, ha incluso un gruppo che fungesse da controllo nel quale non fosse previsto alcun trattamento. I soggetti di questo

gruppo hanno ricevuto a seguito del termine del periodo d'intervento degli altri due gruppi uno dei due protocolli previsti dallo studio su base casuale. Negli altri studi tutti i gruppi hanno ricevuto una tipologia diversa di trattamento senza includere un gruppo senza trattamento. Inserendo un gruppo di controllo senza trattamento, i risultati degli altri gruppi messi a confronto avrebbero acquisito ancora maggiore importanza.

- 6- Alcuni studi hanno utilizzato un periodo di wash-out da trattamenti precedenti relativamente breve; periodi di wash-out più lunghi dovrebbero essere presi in considerazione al fine di escludere qualsiasi effetto a lungo termine del trattamento precedente.

## **6.2 - Prospettive di ricerca future**

Vista la percentuale irrisoria di soggetti di sesso femminile negli studi inerenti alla tendinopatia rotulea, risulta fondamentale che studi futuri vadano a colmare questo divario e indagare la necessità o meno di strutturare trattamenti differenti basati sulle differenze di genere.

Sarà necessario condurre ulteriori ricerche includendo campioni più grandi per chiarire i meccanismi alla base dell'analgesia indotta dall'esercizio acuto, nonché per chiarire se l'esercizio isometrico possa essere effettivamente superiore dell'esercizio isotonico nell'indurre analgesia e per quantificare con esattezza quanto perduri tale effetto. Altri studi dovrebbero indagare l'efficacia delle differenti modalità d'esercizio isolato e/o combinato (ad esempio esercizio + NMES) sull'efficacia nel ridurre l'inibizione corticale che i soggetti aventi PT presentano e certificare se tali miglioramenti sono statisticamente correlabili al miglioramento del quadro clinico, sia in acuto che nel cronico.

Ad oggi non sono presenti in letteratura RCT che prendessero in considerazione la metodica BRFT per il trattamento della PT [33], mentre solo due RCT hanno incluso in un gruppo d'intervento l'IFRT e PTLE [35,45], fornendo tra l'altro risultati promettenti. Nell'arco dei prossimi anni la letteratura dovrebbe concentrarsi sulla produzione di un numero maggiore di studi d'alta qualità (RCT) che vadano a indagare l'efficacia del IFRT, BRFT e del PTLE sul dolore e sulla funzione in soggetti aventi tendinopatia rotulea.

Altri studi dovrebbero concentrarsi sullo stabilire, se possibile, dei valori di riferimento riguardo alle variabili dell'esercizio (TUT, % 1RM, volume, frequenza, riposo) in base alla fase riabilitativa in corso (4 stage proposti da Rudavsky et al. 2014 [17,32]) al fine di massimizzare il miglioramento clinico indotto, nonché sull'eventuale sviluppo di un programma di prevenzione/profilattico.

Una ulteriore variabile potrebbe essere presa in considerazione dagli studi futuri, ovvero la % di strain tendineo [6,13,14]. Per le tendinopatie, come nel tendine sano, potrebbe essere necessario se non fondamentale approfondire questa variabile. Così come ci si riferisce alla % di 1RM per indurre

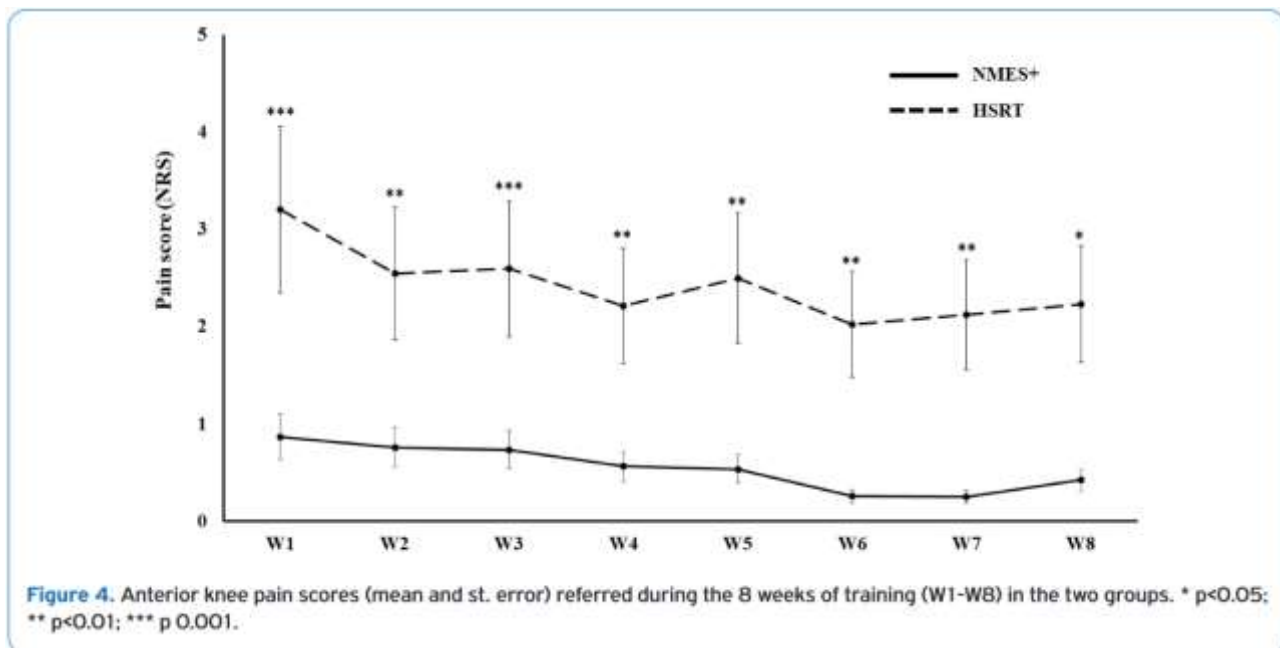
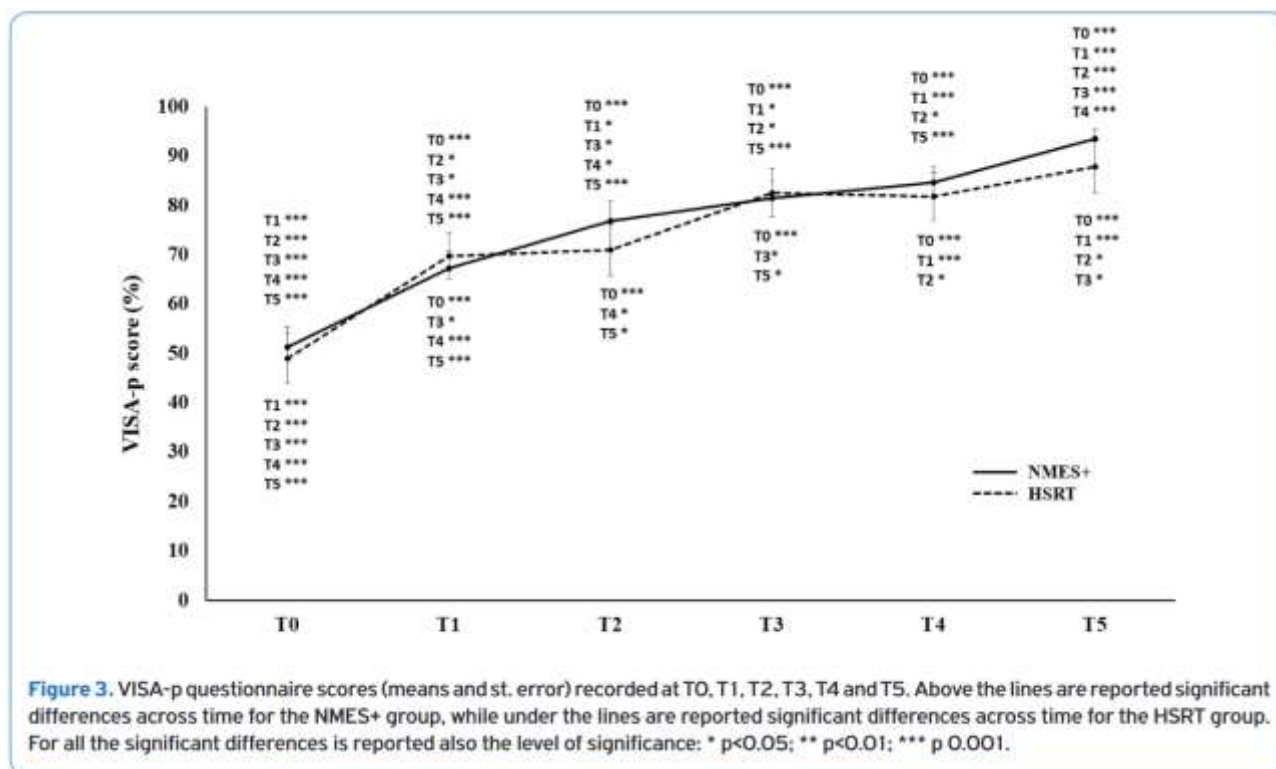
adattamenti sul muscolo, lo stesso si potrebbe fare per il tendine con la % di strain [14]. Sebbene si sappia già che i cambiamenti morfologici/strutturali indotti dall'esercizio sui tendini patologici non siano correlati ai miglioramenti nella clinica [5,12,19], lo stesso non si può dire per i cambiamenti indotti nelle proprietà meccaniche. Quindi, studi futuri potrebbero concentrarsi sulla profilazione degli esercizi comunemente proposti per il trattamento delle tendinopatie sulla base dello strain tendineo indotto sul tendine (in questo caso sul tendine rotuleo) al fine di fornire ai clinici una classificazione degli esercizi stessi a carattere crescente sul quale basarsi per prescrivere l'esercizio in maniera più precisa e non basarsi solamente sul livello di dolore percepito dal soggetto.

Ulteriormente, su questo versante, sarà necessario che la letteratura si concentri sull'indagare una possibile correlazione tra outcome clinici e adattamenti indotti a livello meccanico (es. cambiamenti della stiffness tendinea) nei tendini di soggetti aventi PT.

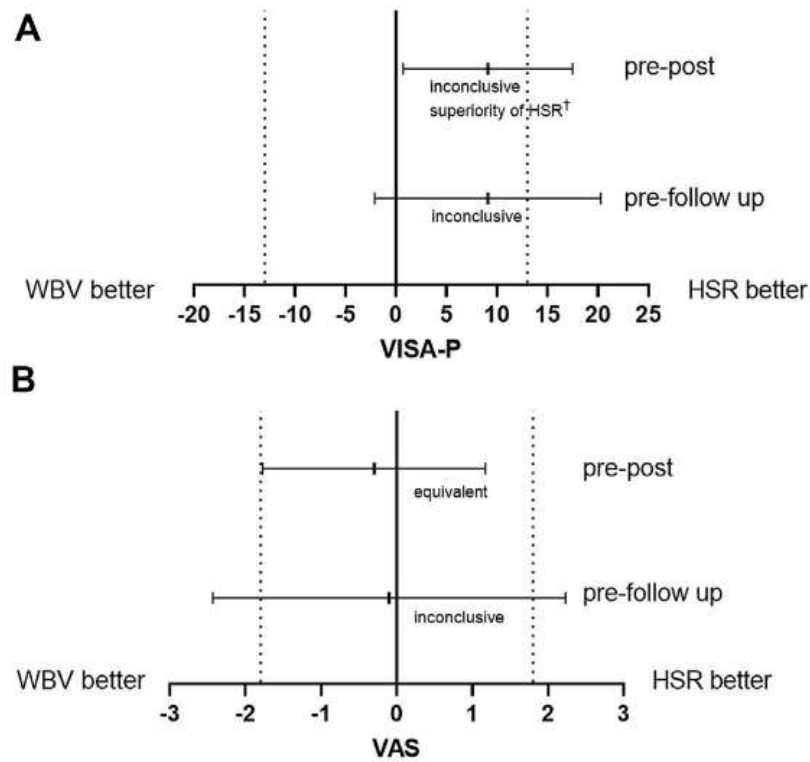
Infine, bisognerebbe prendere in considerazione l'idea di indagare dei protocolli che utilizzino il principio del carico progressivo tendineo, prescrivendo l'esercizio su base individuale a seconda dello strain (% di deformazione) al quale viene sottoposto il tendine di ogni soggetto con lo scopo di verificarne la possibile efficacia nel miglioramento clinico.

## ALLEGATI

Allegato 1 – grafici, riportati dallo studio di Labanca et al. 2022, relativi ai cambiamenti rispetto alla funzione (VISA-P) e al dolore (NRS) durante l'intervento (da T1 a T4; W1-W8) e a 4 mesi dal termine del trial (T5) [39].



Allegato 2 – grafico a intervallo di confidenza riportato dallo studio di Rieder et al. 2022 [43].



**FIGURE 4**

Mean difference of intervention effects from pre-test to post-test and from pre-test to follow-up measurements for **(A)** the VISA-P and **(B)** the VAS scores and the 95% confidence intervals. Dotted lines represent the equivalence margin. HSR = heavy slow resistance training; WBV = whole body vibration training. <sup>†</sup> The result is inconclusive regarding possible inferiority of magnitude equivalence margin or worse since the confidence interval includes the equivalence margin (Piaggio et al., 2006).

## BIBLIOGRAFIA

1. Scott A, Squier K, Alfredson H, Bahr R, Cook JL, Coombes B, De Vos RJ, Fu SN, Grimaldi A, Lewis JS, Maffulli N, Magnusson S, Malliaras P, Mc Auliffe S, Oei EHG, Purdam CR, Rees JD, Rio EK, Gravare Silbernagel K, Speed C, Weir A, Wolf JM, Akker-Scheek IVD, Vicenzino BT, Zwerver J. ICON 2019: International Scientific Tendinopathy Symposium Consensus: Clinical Terminology. *Br J Sports Med.* 2020 Mar;54(5):260–2.
2. Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar Tendinopathy: Clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015 Nov;45(11):887–98.
3. Millar NL, Silbernagel KG, Thorborg K, Kirwan PD, Galatz LM, Abrams GD, Murrell GAC, McInnes IB, Rodeo SA. Tendinopathy. *Nat Rev Dis Primers.* 2021 Jan 7;7(1):1.
4. Nutarelli S, Lodi CMTD, Cook JL, Deabate L, Filardo G. Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Athletes and the General Population: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine.* 2023 Jun 1;11(6):23259671231173659.
5. Scott A, Backman LJ, Speed C. Tendinopathy: Update on Pathophysiology. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015 Nov;45(11):833–41.
6. Wang JHC. Mechanobiology of tendon. *Journal of Biomechanics.* 2006;39(9):1563–82.
7. Abate M, Gravare-Silbernagel K, Siljeholm C, Di Iorio A, De Amicis D, Salini V, Werner S, Paganelli R. Pathogenesis of tendinopathies: inflammation or degeneration? *Arthritis Res Ther.* 2009;11(3):235.
8. Girdwood M, Docking S, Rio E, Cook J. Pathophysiology of Tendinopathy. In: Canata GL, d’Hooghe P, Hunt KJ, editors. *Muscle and Tendon Injuries* [Internet]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2017 [cited 2024 Jul 22]. p. 23–44. Available from: [http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-54184-5\\_3](http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-54184-5_3)
9. Rio E, Moseley L, Purdam C, Samiric T, Kidgell D, Pearce AJ, Jaberzadeh S, Cook J. The Pain of Tendinopathy: Physiological or Pathophysiological? *Sports Med.* 2014 Jan;44(1):9–23.
10. Tendon Biomechanics [Internet]. *Physiopedia.* [cited 2024 Aug 24]. Available from: [https://www.physio-pedia.com/Tendon\\_Biomechanics](https://www.physio-pedia.com/Tendon_Biomechanics)
11. Magnusson SP, Kjaer M. The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *The Journal of Physiology.* 2019 Mar;597(5):1283–98.
12. Docking SI, Cook J. How do tendons adapt? Going beyond tissue responses to understand positive adaptation and pathology development: A narrative review.
13. Robi K, Jakob N, Matevz K, Matjaz V. The Physiology of Sports Injuries and Repair Processes. In: Hamlin M, editor. *Current Issues in Sports and Exercise Medicine* [Internet]. InTech; 2013 [cited 2024 Aug 24]. Available from: <http://www.intechopen.com/books/current-issues-in-sports-and-exercise-medicine/the-physiology-of-sports-injuries-and-repair-processes>

14. McMahon G. No Strain, No Gain? The Role of Strain and Load Magnitude in Human Tendon Responses and Adaptation to Loading. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2022 Oct;36(10):2950–6.
15. Cook J, Docking S. “Rehabilitation will increase the ‘capacity’ of your ...insert musculoskeletal tissue here....” Defining ‘tissue capacity’: a core concept for clinicians. *Br J Sports Med*. 2015 Dec;49(23):1484–5.
16. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2009 Jun;43(6):409–16.
17. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper’s knee). *Journal of Physiotherapy*. 2014 Sep;60(3):122–9.
18. Xu Y, Murrell GAC. The Basic Science of Tendinopathy. *Clinical Orthopaedics & Related Research*. 2008 Jul;466(7):1528–38.
19. Van Ark M, Rio E, Cook J, Van Den Akker-Scheek I, Gaida JE, Zwerver J, Docking S. Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018 Oct;97(10):708–14.
20. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, Gaida J, Docking S, Purdam C, Cook J. Tendon neuroplastic training: changing the way we think about tendon rehabilitation: a narrative review. *Br J Sports Med*. 2016 Feb;50(4):209–15.
21. Kennedy R, Cook J. Patellar Tendinopathy: Risk Factors, Prevention, and Treatment. In: Sanchis-Alfonso V, editor. *Anterior Knee Pain and Patellar Instability* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2023 [cited 2024 Jul 17]. p. 207–23. Available from: [https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-09767-6\\_14](https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-09767-6_14)
22. Docking SI, Ooi CC, Connell D. Tendinopathy: Is Imaging Telling Us the Entire Story? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Nov;45(11):842–52.
23. Terminology | International Association for the Study of Pain [Internet]. International Association for the Study of Pain (IASP). [cited 2024 Nov 13]. Available from: <https://www.iasp-pain.org/resources/terminology/>
24. 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.
25. Maffulli N, Oliva F, Loppini M, Aicale R, Spiezia F, King JB. The Royal London Hospital Test for the clinical diagnosis of patellar tendinopathy.
26. Mendonça LDM, Ocarino JM, Bittencourt NFN, Fernandes LMO, Verhagen E, Fonseca ST. The Accuracy of the VISA-P Questionnaire, Single-Leg Decline Squat, and Tendon Pain History to Identify Patellar Tendon Abnormalities in Adult Athletes. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2016 Aug;46(8):673–80.
27. Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Responsiveness of the VISA-P scale for patellar tendinopathy in athletes. *Br J Sports Med*. 2014 Mar;48(6):453–7.

28. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Purdam CR, Griffiths L. Reproducibility and clinical utility of tendon palpation to detect patellar tendinopathy in young basketball players. *Br J Sports Med.* 2001 Feb;35(1):65–9.
29. Theodorou A, Komnos G, Hantes M. Patellar tendinopathy: an overview of prevalence, risk factors, screening, diagnosis, treatment and prevention. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2023 Aug 4;143(11):6695–705.
30. Van Der Worp H, Van Ark M, Roerink S, Pepping GJ, Van Den Akker-Scheek I, Zwerver J. Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. *Br J Sports Med.* 2011 Apr;45(5):446–52.
31. Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohlig RT, Grävare Silbernagel K. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018 Dec;52(24):1575–85.
32. Ophey M, Koëter S, Van Ooijen L, Van Ark M, Boots F, Ilbrink S, Lankhorst NA, Piscaer T, Vestering M, Den Ouden Vierwind M, Van Linschoten R, Van Berkel S. Dutch multidisciplinary guideline on anterior knee pain: Patellofemoral pain and patellar tendinopathy. *Knee surg sports traumatol arthrosc.* 2024 Jul 24;ksa.12367.
33. Burton I, McCormack A. Blood Flow Restriction Resistance Training in Tendon Rehabilitation: A Scoping Review on Intervention Parameters, Physiological Effects, and Outcomes. *Front Sports Act Living.* 2022 Apr 25;4:879860.
34. Burton I. Interventions for prevention and in-season management of patellar tendinopathy in athletes: A scoping review. *Physical Therapy in Sport.* 2022 May;55:80–9.
35. Breda SJ, Oei EHG, Zwerver J, Visser E, Waarsing E, Krestin GP, De Vos RJ. Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. *Br J Sports Med.* 2021 May;55(9):501–9.
36. Agergaard AS, Svensson RB, Malmgaard-Clausen NM, Couppe C, Hjortshoej MH, Doessing S, Kjaer M, Magnusson SP. Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med.* 2021 Mar;49(4):982–93.
37. Silbernagel KG, Thomeé R, Eriksson BI, Karlsson J. Continued Sports Activity, Using a Pain-Monitoring Model, during Rehabilitation in Patients with Achilles Tendinopathy: A Randomized Controlled Study. *Am J Sports Med.* 2007 Jun;35(6):897–906.
38. Holden S, Lyng K, Graven-Nielsen T, Riel H, Olesen JL, Larsen LH, Rathleff MS. Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy: A randomized crossover trial. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2020 Mar;23(3):208–14.
39. Labanca L, Rocchi JE, Carta N, Giannini S, Macaluso A. NMES superimposed on movement is equally effective as heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2022 Aug 4;22(4):474–85.
40. Lee WC, Ng GYF, Zhang ZJ, Malliaras P, Masci L, Fu SN. Changes on Tendon Stiffness and Clinical Outcomes in Athletes Are Associated With Patellar Tendinopathy After Eccentric Exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2020 Jan;30(1):25–32.

41. Liu XG, Cheng L, Song JM. Effects of Low-Level Laser Therapy and Eccentric Exercises in the Treatment of Patellar Tendinopathy. *International Journal of Photoenergy*. 2014;2014:1–6.
42. Pearson SJ, Stadler S, Menz H, Morrissey D, Scott I, Munteanu S, Malliaras P. Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2020 Jul;30(4):335–40.
43. Rieder F, Wiesinger HP, Herfert J, Lampl K, Hecht S, Niebauer J, Maffulli N, Kösters A, Müller E, Seynnes OR. Whole body vibration for chronic patellar tendinopathy: A randomized equivalence trial. *Front Physiol*. 2022 Oct 21;13:1017931.
44. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, Zwerver J, Cook J. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med*. 2017;27(3).
45. Ruffino D, Malliaras P, Marchegiani S, Campana V. Inertial flywheel vs heavy slow resistance training among athletes with patellar tendinopathy: A randomised trial. *Physical Therapy in Sport*. 2021 Nov;52:30–7.
46. Van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, Van Den Akker-Scheek I, Rio E. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2016 Sep;19(9):702–6.
47. Babault N, Pousson M, Ballay Y, Van Hoecke J. Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. *Journal of Applied Physiology*. 2001 Dec 1;91(6):2628–34.
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*. 2005 Jul;15(4):227–34.
49. 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*. 2008 Mar;36(3):451–60.
50. Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook JL, Khan KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2004 Aug;38(4):395–7.
51. Maroto-Izquierdo S, García-López D, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, González-Gallego J, De Paz JA. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2017 Oct;20(10):943–51.
52. Burton I, McCormack A. Inertial Flywheel Resistance Training in Tendinopathy Rehabilitation: A Scoping Review. *International Journal of Sports Physical Therapy* [Internet]. 2022 Aug 1 [cited 2024 Nov 13];17(5). Available from: <https://ijspt.scholasticahq.com/article/36437-inertial-flywheel-resistance-training-in-tendinopathy-rehabilitation-a-scoping-review>

53. Everhart JS, Cole D, Sojka JH, Higgins JD, Magnussen RA, Schmitt LC, Flanigan DC. Treatment Options for Patellar Tendinopathy: A Systematic Review. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2017 Apr;33(4):861–72.
54. Vallance P, Malliaras P, Vicenzino B, Kidgell DJ. Determining intracortical, corticospinal and alpha motoneurone excitability in athletes with patellar tendinopathy compared to asymptomatic controls. *Scandinavian Med Sci Sports*. 2024 Feb;34(2):e14579.
55. Malliaras P, Barton CJ, Reeves ND, Langberg H. Achilles and Patellar Tendinopathy Loading Programmes: A Systematic Review Comparing Clinical Outcomes and Identifying Potential Mechanisms for Effectiveness. *Sports Med*. 2013 Apr;43(4):267–86.
56. Mondini Trissino Da Lodi C, Landini MP, Asunis E, Filardo G. Women Have Tendons... and Tendinopathy: Gender Bias is a “Gender Void” in Sports Medicine with a Lack of Women Data on Patellar Tendinopathy—A Systematic Review. *Sports Med - Open*. 2022 Dec;8(1):74.