



# INDICE

INDICE.....	1
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUZIONE.....	5
1.1 Epidemiologia e Incidenza della Tendinopatia Rotulea.....	5
1.2 Fattori di Rischio .....	5
2. ANATOMIA E FISIOLOGIA DEL TESSUTO TENDINEO .....	8
2.1 Il Tendine .....	8
2.2 Zone del Tendine .....	8
2.3 Struttura Microscopica del Tendine.....	10
2.4 Tipi di Cellule.....	11
2.5 Unità Strutturale del Tendine .....	12
2.6 Organizzazione del Collagene.....	12
2.7 Regolazione e Tempi di Turnover del Collagene .....	12
2.8 Matrice Extracellulare (ECM).....	15
2.9 Tessuti di Rivestimento.....	16
2.10 Vascolarizzazione del Tendine.....	16
2.11 Innervazione del Tendine .....	16
2.12 Proprietà Biomeccaniche del Tendine .....	17
3. PATOFISIOLOGIA DELLA TENDINOPATIA ROTULEA .....	20
3.1 Teorie e Modelli Patogenetici.....	20
3.1.1 Continuum Model di J. Cook.....	20
3.1.2 Modello dell'Iceberg.....	22
4. MODALITÀ DI ESERCIZIO TERAPEUTICO .....	23
4.1 Esercizio Isometrico.....	23
4.2 Esercizio Eccentrico (EET).....	24
4.3 Esercizio Isotonico o “Heavy/Moderate Slow Resistance” .....	24
4.4 Esercizio con carico progressivo sul tendine (Progressive Tendon Loading Exercise).....	25
PARTE SPERIMENTALE.....	33
5. MATERIALI E METODI .....	33
5.1 Studio .....	33

5.2 Obiettivo dello studio.....	33
5.3 Ricerca e selezione degli studi.....	33
6. RISULTATI.....	35
6.1 Risultati della ricerca .....	35
6.2 Descrizione degli studi.....	36
7. DISCUSSIONE.....	51
7.1 Analisi dei risultati.....	51
7.1.1 Esercizio isometrico .....	53
7.1.2 Esercizio eccentrico.....	55
7.1.3 Esercizio isotonico o “heavy/moderate slow resistance” .....	57
7.1.4 Esercizio con carico progressivo sul tendine (progressive tendon loading exercise).....	60
7.1.5 Prevenzione e gestione della tendinopatia rotulea durante la stagione sportiva .....	66
7.2 Limiti degli studi.....	67
8. CONCLUSIONI.....	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

## ABSTRACT

**Disegno di studio:** Revisione della letteratura

**Obiettivo:** L'obiettivo di questa revisione è quello di identificare le migliori evidenze in letteratura sulla somministrazione e sul dosaggio dell'esercizio terapeutico nel trattamento della tendinopatia rotulea nell'atleta, al fine di ottenere una riduzione del dolore e un miglioramento della funzione.

**Introduzione:** La tendinopatia rotulea è una manifestazione clinica molto frequente negli atleti che praticano sport di salto e rapidi cambi di direzione. Nonostante non esista un consenso uniforme su un trattamento gold-standard, ad oggi il trattamento conservativo della tendinopatia rotulea (PT) si basa prevalentemente sull'esercizio terapeutico (e.g. isometrico, eccentrico, HSR, PTLE), associato o meno a terapie passive come le infiltrazioni di acido ialuronico, di plasma arricchito di piastrine (PRP) e terapia ad onde d'urto (ESWT).

**Metodi:** È stata condotta una revisione della letteratura sulla banca dati PUBMED. La popolazione presa in considerazione è quella di atleti affetti da tendinopatia rotulea. Sono stati inclusi studi che fossero in lingua inglese e che rientrassero in una delle tre categorie: studio randomizzato controllato (RCT), revisione sistematica, metanalisi. Sono stati esclusi tutti gli studi che riguardavano l'utilizzo delle sole terapie passive o di metodologie chirurgiche. La selezione degli articoli è stata effettuata tramite la lettura del titolo e dell'abstract per verificarne la pertinenza, e solo successivamente dei full text.

**Risultati:** La stringa di ricerca elaborata ha individuato 396 articoli. Successivamente all'analisi dei titoli e degli abstract, sono stati rimossi gli articoli che non rispettavano i criteri di inclusione o che non fossero coerenti con il disegno di ricerca, ottenendo 30 articoli; di questi è stato analizzato il full text, arrivando alla selezione di 15 articoli finali.

**Conclusioni:** I risultati ottenuti da questa revisione della letteratura riconfermano l'importanza dell'esercizio terapeutico nel recupero funzionale dell'atleta con tendinopatia rotulea, e suggeriscono che sia necessario concentrarsi sullo sviluppare una maggiore capacità di carico nel tendine tramite la modulazione dell'intensità dei carichi a cui il tendine è sottoposto, affinché l'atleta possa tornare ad eseguire le attività specifiche per il suo sport di riferimento. Il trattamento può consistere di un programma di esercizi eccentrici o isotonici con carico progressivo, e qualora questi non siano tollerati in una fase iniziale di alta irritabilità, si può ricorrere all'utilizzo delle contrazioni isometriche. Infine, sulla base di evidenze moderate, si sconsiglia l'utilizzo della terapia ad onde d'urto (ESWT) in aggiunta all'esercizio terapeutico.

**Study Design:** Literature Review

**Purpose:** The aim of this review is to identify the best evidence in the literature regarding the administration and dosage of therapeutic exercise in the treatment of patellar tendinopathy in athletes, in order to reduce pain and improve function.

**Background:** Patellar tendinopathy is a very common clinical condition among athletes involved in sports that require jumping and quick direction changes. Although there is no uniform consensus on a gold-standard treatment, the conservative management of patellar tendinopathy (PT) currently relies primarily on therapeutic exercise (e.g., isometric, eccentric, HSR, PTLE), with or without passive therapies such as hyaluronic acid injections, platelet-rich plasma (PRP) injections, and extracorporeal shock wave therapy (ESWT).

**Methods:** A literature review was conducted using the PUBMED database. The population considered includes athletes affected by patellar tendinopathy. Studies were included if they were in English and fell into one of three categories: randomized controlled trials (RCT), systematic reviews, or meta-analyses. Studies focusing solely on passive therapies or surgical methods were excluded. Articles were selected based on a review of their titles and abstracts to assess relevance, followed by a full-text review.

**Results:** The search query identified 396 articles. After analyzing the titles and abstracts, articles that did not meet the inclusion criteria or were inconsistent with the research design were excluded, leaving 30 articles. Full-text analysis led to the selection of 15 final articles.

**Conclusions:** The results of this literature review reaffirm the importance of therapeutic exercise in the functional recovery of athletes with patellar tendinopathy. The findings suggest that focusing on developing greater load capacity in the tendon through modulating the intensity of loading is key to allowing the athlete to return to sport-specific activities. The treatment may consist of an eccentric or isotonic exercise program with progressive loading, and if these are not tolerated during an initial phase of high irritability, isometric contractions can be used. Finally, based on moderate evidence, the use of extracorporeal shockwave therapy (ESWT) in addition to therapeutic exercise is not recommended.

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Epidemiologia e Incidenza della Tendinopatia Rotulea

La tendinopatia rotulea, anche nota come "jumper's knee" (ginocchio del saltatore) [1], è una manifestazione clinica caratterizzata da dolore e associata disfunzione in soggetti con una patologia tendinea sottostante [2][3]. È prevalente tra gli atleti che praticano sport che richiedono salti, rapidi cambi di direzione e un'attività di immagazzinamento e rilascio di energia elastica da parte del tendine, come il basket, la pallavolo e il calcio. La prevalenza della tendinopatia rotulea varia notevolmente in base al gruppo di studio e al tipo di sport, con percentuali che vanno dal 14% al 50% tra gli atleti professionisti [4][5]. Inoltre, la condizione è più comune negli uomini rispetto alle donne, probabilmente a causa delle differenze biomeccaniche e dei carichi di lavoro [4]. La tendinopatia rotulea può avere un grande impatto nella carriera degli atleti condizionati da questa patologia, in quanto fino ad un terzo degli atleti con diagnosi di tendinopatia rotulea sono incapaci di tornare all'attività sportiva per più di 6 mesi [6], e più della metà interrompono la partecipazione all'attività sportiva [7]. La diagnosi di tendinopatia rotulea può essere complessa in quanto non ci sono test che fungono da gold standard. Inoltre, non è possibile fare una correlazione tra le alterazioni strutturali rilevate tramite imaging e l'esordio della sintomatologia dolorosa. Il dolore tendineo non è mediato solamente da alterazioni strutturali locali, bensì è probabile che ci sia un'interazione tra il tessuto tendineo e il sistema nervoso periferico e centrale [8][9]. Nonostante non esista un consenso uniforme su un trattamento gold-standard, ad oggi il trattamento conservativo della tendinopatia rotulea (PT) si basa prevalentemente sull'esercizio terapeutico (e.g. isometrico, eccentrico, HSR, PTLE), associato o meno a terapie passive come le infiltrazioni di acido ialuronico, plasma arricchito di piastrine (PRP) e terapia ad onde d'urto (ESWT) [10].

## 1.2 Fattori di Rischio

Diversi studi analitici e metanalisi hanno esaminato quali siano i fattori di rischio associati allo sviluppo della tendinopatia rotulea, ma sono state trovate evidenze contrastanti inerenti alla loro influenza nello sviluppo di questa patologia.

Uno studio di Zwerver e collaboratori [5] ha indicato che gli atleti con un'alterata biomeccanica durante i salti sono a maggior rischio di sviluppare questa condizione. Inoltre, sono stati indagati anche altri fattori di rischio, tra cui l'ampiezza di movimento in dorsiflessione di caviglia, la flessibilità degli ischio-crurali e del quadricipite, il volume di allenamento nei salti, l'altezza del *counter-movement jump* (CMJ) e il volume di attività totale.

L'ampiezza del movimento di dorsiflessione della caviglia e la flessibilità degli ischiocrurali e del quadricipite sono stati identificati come potenziali fattori di rischio per la tendinopatia rotulea. Tuttavia, i risultati delle metanalisi sono contrastanti riguardo allo sviluppo della condizione patologica. Alcuni studi suggeriscono che un'ampiezza limitata del movimento di dorsiflessione e una ridotta flessibilità nei muscoli posteriori della coscia e nel quadricipite possano aumentare il rischio di sviluppare questa condizione. D'altra parte, altri studi non hanno riscontrato un'associazione significativa tra questi fattori e la tendinopatia rotulea. Queste discrepanze potrebbero essere dovute a differenze nelle popolazioni studiate, nei metodi di misurazione utilizzati e in altri fattori confondenti [11].

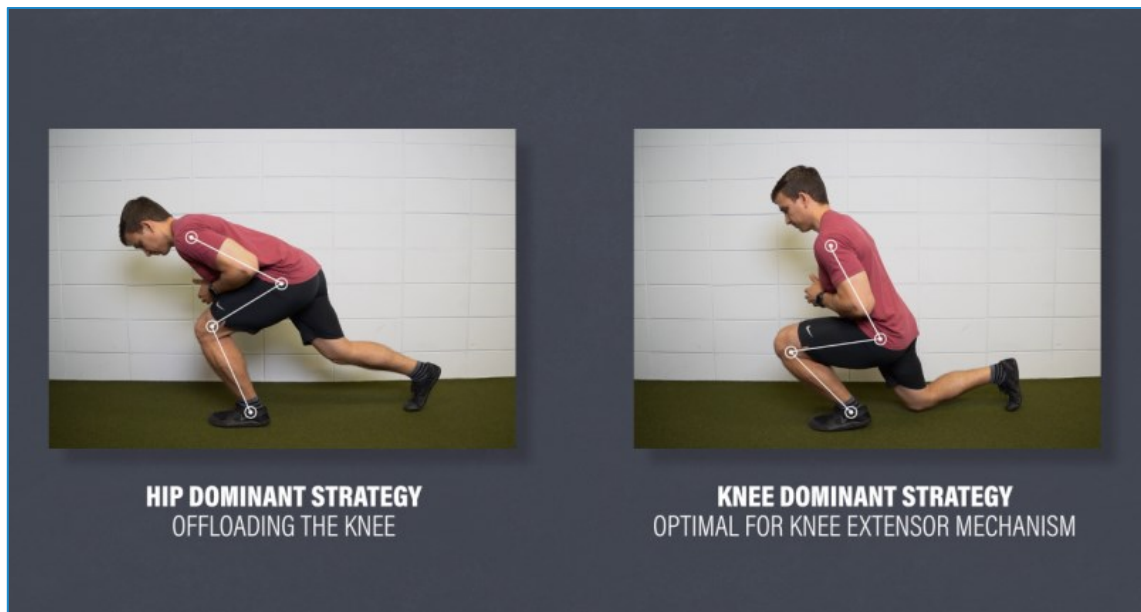
Migliorare l'ampiezza del movimento di dorsiflessione-plantariflessione della caviglia è stato suggerito come benefico nel ridurre il rischio di tendinopatia rotulea. Questo può essere ottenuto attraverso l'attuazione di programmi specifici di stretching e mobilità della caviglia. Questi esercizi possono includere lo stretching del polpaccio, movimenti di mobilitazione articolare ed esercizi di rafforzamento dei muscoli del piede e della gamba. Migliorando la flessibilità e l'ampiezza del movimento della caviglia, è possibile ridurre il carico e la tensione sul tendine rotuleo durante l'attività fisica [12].

L'ottimizzazione delle strategie di flessione del tronco durante l'attività fisica potrebbe anche essere importante per ridurre il rischio di tendinopatia rotulea. Certi schemi di movimento del tronco, come una maggiore inclinazione in avanti o una flessione eccessiva, sono stati osservati per aumentare il carico sul tendine rotuleo [12]. Pertanto, è consigliabile lavorare sul rinforzo e il controllo dei muscoli del tronco per mantenere un allineamento adeguato durante i gesti atletici [12].

Il volume di allenamento nei salti, specialmente negli sport come la pallavolo, e il numero di set di pallavolo giocati a settimana sono stati anche indagati come potenziali fattori di rischio per la tendinopatia rotulea. Come per i fattori precedenti, i risultati sono inconcludenti. Alcuni studi hanno trovato un'associazione positiva tra un maggiore volume di allenamento nei salti e un rischio maggiore di sviluppare tendinopatia rotulea. Tuttavia, altri studi non hanno riscontrato una relazione significativa. Queste discrepanze potrebbero essere attribuite alla variabilità nei metodi di allenamento, nell'intensità dell'attività e nelle caratteristiche individuali degli atleti [11] [12].

L'altezza del CMJ e il volume di attività fisica sono stati anche valutati come fattori di rischio per la tendinopatia rotulea. Come nei casi precedenti, i risultati sono contrastanti. Alcuni studi suggeriscono che un'altezza del CMJ maggiore e un maggiore volume di attività fisica possano aumentare il rischio di sviluppare questa condizione. Tuttavia, altri studi non hanno riscontrato un'associazione significativa. Anche in questo caso, queste discrepanze potrebbero essere dovute alla mancanza di standardizzazione nella misurazione dell'altezza del CMJ, così come alle differenze nelle caratteristiche individuali dei partecipanti [11].

Infine, è necessario prestare attenzione anche ai modelli di atterraggio morbidi e controllati per ridurre il rischio di tendinopatia rotulea. Sono stati osservati movimenti eccessivi nei piani frontale e trasversale durante salti e atterraggi, che aumentano le forze sulle strutture dell'arto inferiore, incluso il tendine rotuleo. È consigliabile imparare e praticare tecniche di atterraggio morbide e controllate che coinvolgono un assorbimento dell'impatto adeguato e una distribuzione efficiente della forza lungo tutte le strutture muscolo scheletriche che compongono la catena cinetica [13].



*Figura 1 | Immagine che rappresenta le strategie di atterraggio dopo un salto. 1*

È importante considerare che questi fattori di rischio possono interagire tra loro e con altri fattori individuali, come la genetica, l'età e il livello generale di fitness. Ulteriori ricerche sono necessarie per comprendere meglio la relazione tra questi fattori e la tendinopatia rotulea, il che permetterà di sviluppare strategie di prevenzione e trattamento più efficaci.

[14]

---

<sup>1</sup> Fonte: Pietrosimone et al. Differences in Biomechanical Loading Magnitude During a Landing Task in Male Athletes with and without Patellar Tendinopathy

## 2. ANATOMIA E FISIOLOGIA DEL TESSUTO TENDINEO

### 2.1 Il Tendine

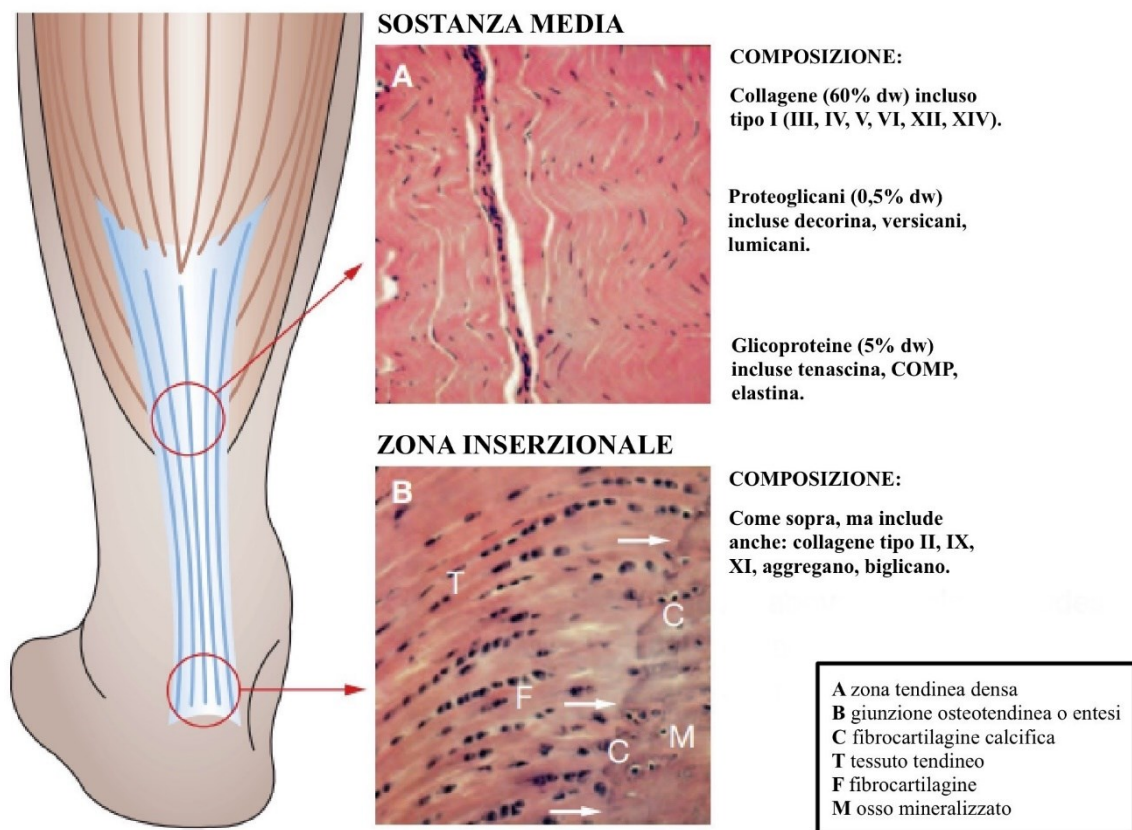
Il tendine è l'unità del tessuto muscoloscheletrico che svolge la funzione di trasmissione della forza dai muscoli alle ossa e, insieme ai legamenti, appartiene alla famiglia del tessuto connettivo denso [15].

### 2.2 Zone del Tendine

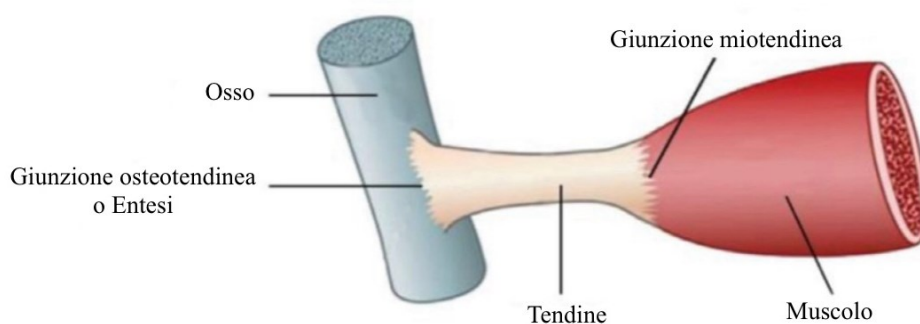
**Sostanza Media (*Mid-substance*):** Questa parte costituisce la maggioranza del tendine e contiene principalmente fasci di fibre di collagene organizzati parallelamente all'asse longitudinale. La sostanza media è responsabile della maggior parte della resistenza meccanica del tendine, consentendo la trasmissione delle forze muscolari alle ossa [16][17].

**Zona Inserzionale (Giunzione Osteo-Tendinea o Entesi):** Questo punto di connessione tra il tendine e l'osso è complesso e graduale. Infatti, si possono individuare quattro sottozone:

1. **Tendinea densa:** La parte del tendine costituita principalmente da fibre di collagene denso [18].
2. **Fibrocartilagine:** Una zona di transizione con caratteristiche sia del tessuto tendineo sia della cartilagine [18][19].
3. **Fibrocartilagine mineralizzata:** Una regione in cui la fibrocartilagine inizia a mineralizzarsi, avvicinandosi alla struttura ossea [16].
4. **Ossso:** La zona finale della giunzione dove il tendine s'integra nell'osso [20].



*Figura 2 | Rappresentazione schematica della struttura di un tendine. Il tendine può essere suddiviso in più aree, tra cui la sostanza media (A) che appare prevalentemente allineata con l'asse longitudinale del tendine; l'entesi (B) che mostra cellule più rotondeggianti disposte in "fila indiana" e una zona di transizione dal tessuto tendineo (T) alla fibrocartilagine (F), passando per una zona di fibrocartilagine calcifica (C), fino all'osso mineralizzato (M). La composizione istologica delle due aree varia in base alla loro funzione, la sostanza media contiene proteoglicani piccoli ricchi in leucina, per assorbire maggiore energia, mentre nella zona inserzionale sono presenti vari tipi di collagene e proteoglicani più grandi per legare maggiori quantità di acqua per permettere di dissipare l'energia ed avere maggiore resistenza alle forze di compressione. Abbreviazioni: COMP, proteina oligomerica della matrice cartilaginea; dw, "dry weight" ovvero peso del tendine a secco. 2*



2 Immagine tratta e tradotta da: Riley G. Tendinopathy--from basic science to treatment. Nat Clin Pract Rheumatol. 2008 Feb;4(2):82-9. doi: 10.1038/ncprheum0700. PMID: 18235537.

## 2.3 Struttura Microscopica del Tendine

**Cellule:** I tendini sono popolati principalmente da tenociti e tenoblasti, cellule appartenenti alla famiglia dei fibroblasti. Questi sono immersi in una matrice extracellulare e svolgono un ruolo cruciale nella sintesi e nel mantenimento del collagene [18][19].

**Fasci di Fibre di Collagene:** Le fibre sono organizzate in fasci paralleli che conferiscono al tendine una grande resistenza alle forze di trazione. Questa disposizione permette una trasmissione efficiente delle forze muscolari [16][17].

**Matrice Extracellulare (ECM):** Composta principalmente da acqua, collagene, proteoglicani e glicoproteine. L'ECM fornisce supporto strutturale e facilita il ricambio cellulare e la riparazione del tessuto [18][21].

**Guaine di Rivestimento:** Sono strutture deputate alla protezione del tendine e a facilitare il passaggio di vasi sanguigni e nervi. Le guaine sono suddivise in endotenonio, epitenonio e paratenonio, ognuna con specifiche funzioni di supporto e protezione [16].

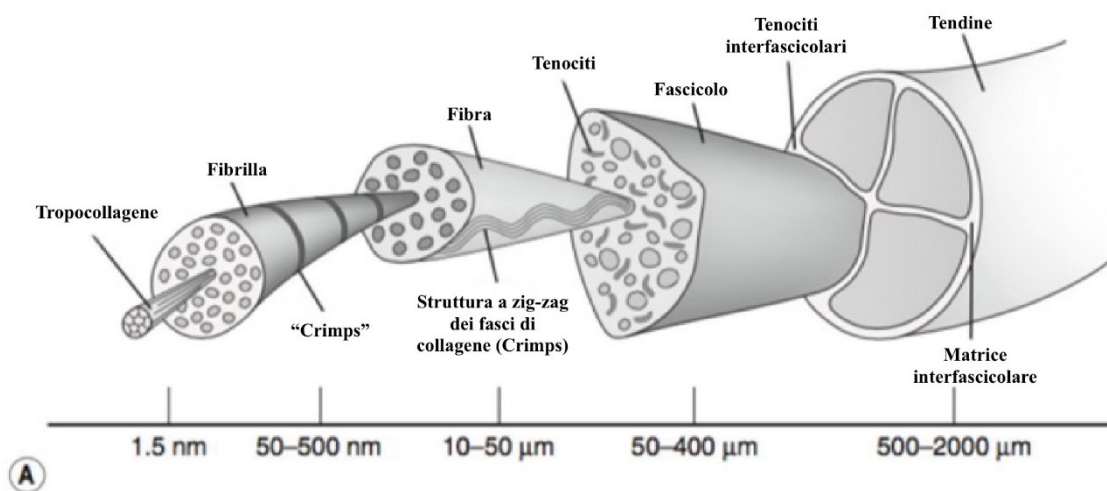


Figura 4 | Immagine che rappresenta la struttura microscopica del tendine. 4

<sup>3</sup> Immagine tradotta da: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/cms/asset/ac857307-f99b-4eb2-a5be-aa3fedcd51e7/%20wd%20201-fig-0001-m.jpg>

<sup>4</sup> Fonte: <https://www.physio-pedia.com/index.php?curid=16897>

## 2.4 Tipi di Cellule

Strutturalmente, il tendine è composto da tenoblasti e tenociti inseriti in una rete di matrice extracellulare (ECM). I tenoblasti sono cellule tendinee immature, a forma di fuso, con numerosi organelli citoplasmatici che riflettono la loro elevata attività metabolica. Infatti, essi sono cruciali nei processi di crescita e riparazione del tendine. Con l'invecchiamento, i tenoblasti si allungano e si trasformano in tenociti, che hanno un rapporto nucleo-citoplasma inferiore rispetto ai tenoblasti e un'attività metabolica ridotta [16][18][20]. Insieme, tenoblasti e tenociti costituiscono il 90-95% degli elementi cellulari dei tendini. Il restante 5-10% degli elementi cellulari dei tendini è composto da condrociti nei siti di attacco e inserzione ossea, cellule sinoviali della guaina tendinea e cellule vascolari, incluse le cellule endoteliali capillari e le cellule muscolari lisce delle arteriole [16][18]. I condrociti sono presenti nelle zone di inserzione del tendine sull'osso, ed essendo cellule derivanti dal tessuto cartilagineo, contribuiscono alla resistenza e flessibilità della giunzione osteo-tendinea [17][19]. Le cellule sinoviali sono situate nella guaina tendinea, e producono il liquido sinoviale che lubrifica il tendine e ne permette lo scorrimento [18]. Infine, le cellule staminali tendinee possono differenziarsi in vari tipi cellulari in risposta a stimoli meccanici, contribuendo alla riparazione e mantenimento dell'omeostasi del tessuto tendineo [19].

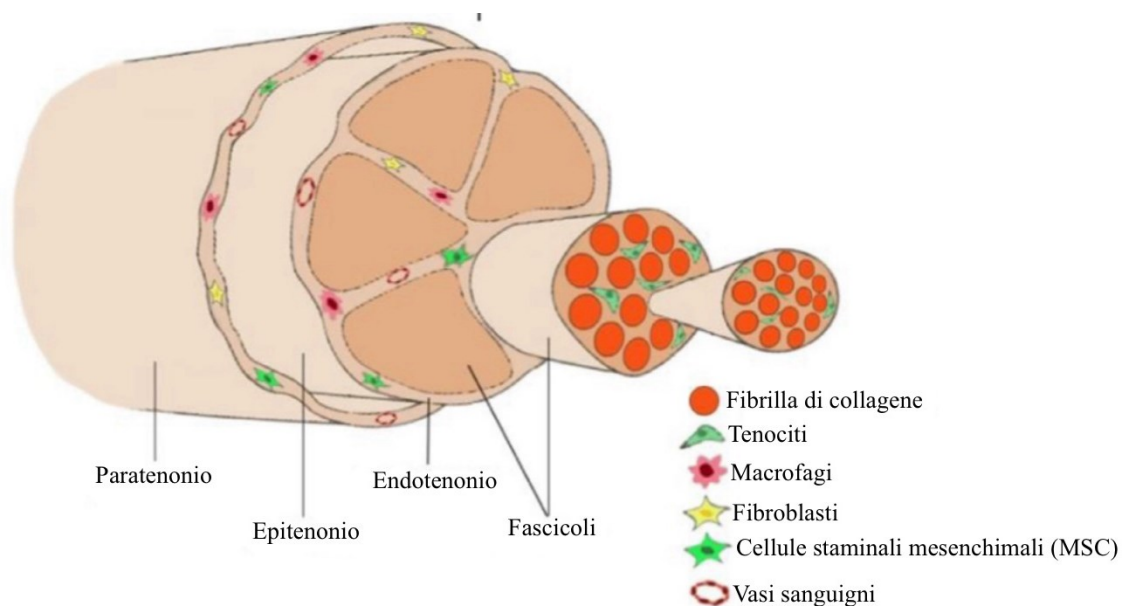


Figura 5 | Immagine che rappresenta la disposizione delle varie tipologie di cellule all'interno del tessuto tendineo.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Immagine tratta e tradotta da: Jingyi Hou, Rui Yang, Ivan Vuong et al. Biomaterials strategies to balance inflammation and tenogenesis for tendon repair. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.05.043>.

## 2.5 Unità Strutturale del Tendine

**Collagene di Tipo I:** Costituisce il 65%-80% del peso tendineo secco e conferisce al tendine la sua robustezza meccanica. Le fibre di collagene di tipo I sono sintetizzate dai tenociti e organizzate in fasci che garantiscono la resistenza alla trazione [16][18].

**Altri Tipi di Collagene:** Il collagene di tipo III è prevalente durante la riparazione del tendine e nei tendini patologici, mentre il collagene di tipo V regola la dimensione e la struttura delle fibre di collagene [18].

## 2.6 Organizzazione del Collagene

**Tripla Elica di Tropocollagene:** La struttura base del collagene è costituita da tre catene polipeptidiche di tropo collagene intrecciate.

**Fibre:** Le triple eliche si uniscono per formare fibre di collagene, che sono avvolte da tessuto connettivo detto endotenonio.

**Fascicoli:** Le fibre di collagene si organizzano in fascicoli primari, secondari e terziari, avvolti dall'epitenonio.

**Tendine Stesso:** I fascicoli terziari si combinano per formare il tendine completo, avvolto da una guaina connettiva che facilita la vascolarizzazione e l'innervazione.

[16][18]

## 2.7 Regolazione e Tempi di Turnover del Collagene

Ciò che regola l'espressione del collagene sono le forze meccaniche alle quali le cellule vengono sottoposte. Queste sono coinvolte nella sintesi delle proteine che possono aumentarne la densità a seguito di progressivi aumenti di carico o diminuirne il contenuto in seguito ad una deprivazione dello stimolo indotto dal carico esterno [15][20].

Il carico meccanico a cui è sottoposto il tendine successivamente all'esercizio fisico, comporta un aumento acuto dell'espressione del collagene e un aumento della sintesi proteica del collagene. Questa elevata espressione del collagene è regolata dalla deformazione impartita al fibroblasto, che può indurre un aumento di 2-3 volte nella formazione di collagene che raggiunge il picco circa 24 ore dopo l'esercizio e rimane elevata fino a 70-80 ore (Figura 6). Anche la degradazione delle proteine del collagene aumenta in risposta all'esercizio, probabilmente all'inizio e in misura maggiore rispetto alla sintesi del collagene (Figura 6). I livelli di marcatori per la proteolisi, come le MMP (metalloproteasi) o i frammenti di degradazione del collagene, sono elevati in risposta all'esercizio, e questo processo rappresenta parte della risposta fisiologica al carico. Dopo la cessazione dell'esercizio e fino a 18-36 ore successive (una condizione di allenamento migliore riduce questo intervallo di tempo) si verifica un bilancio netto negativo nei livelli di collagene, mentre il bilancio diventa positivo (anabolico in relazione al collagene) fino

a 72 ore dopo l'esercizio (Figura 6). Questi dati indicano che per ottenere un aumento netto del collagene è necessario un determinato periodo di riposo, senza il quale è probabile che si verifichi una perdita continua di collagene, il che potrebbe rendere il tendine vulnerabile agli infortuni. La tendinopatia, quindi, potrebbe sorgere come risultato di uno squilibrio tra la sintesi e la degradazione delle proteine della matrice, in particolare del collagene. Inoltre, è interessante notare che la relazione tra il carico a cui è sottoposto il tendine e la sintesi del collagene aumenta fino a un certo punto, poi si stabilizza con l'aumentare del carico di lavoro (Figura 7), il che indica che i fibroblasti non sono in grado di sintetizzare ulteriormente il collagene oltre questo limite superiore, raggiungendo un effetto soffitto. Il fatto che l'espressione pro-collagene sia regolata allo stesso modo nel tendine indipendentemente dalla modalità di contrazione muscolare (eccentrica, isometrica o concentrica) supporta l'idea che sia la quantità di carico applicata alla cellula tendinea a regolare la risposta di sintesi proteica del collagene [22]. Inoltre, in uno studio di Crossland H. e collaboratori del 2023, sono stati analizzati gli effetti dell'allenamento eccentrico e dell'allenamento concentrico, in una popolazione di maschi sia giovani e sia anziani, sulla risposta metabolica e molecolare del tendine rotuleo. I risultati ottenuti riportano un aumento della sintesi delle proteine tendinee già dopo quattro settimane di allenamento sia nel gruppo eccentrico e sia nel gruppo concentrico, senza alcuna differenza tra l'età delle due popolazioni. Tuttavia, nei soggetti giovani sottoposti ad allenamento eccentrico è stata registrata una maggiore espressione di geni pro-collagene e pro-matrice extracellulare, rispetto al gruppo di allenamento concentrico; mentre nella popolazione più anziana è stata registrata una minore responsività trascrizionale all'allenamento in generale [23]. Dunque, si ipotizza che un tempo di recupero insufficiente sposterà l'equilibrio tra la sintesi e la degradazione del collagene in direzione di uno stato catabolico netto [24], e che in questo processo debba essere presa in considerazione principalmente la quantità di carico a cui è sottoposto il tendine, ma anche la sua capacità di recupero, che può essere influenzata anche da fattori come l'età, fattori genetici e ormonali.

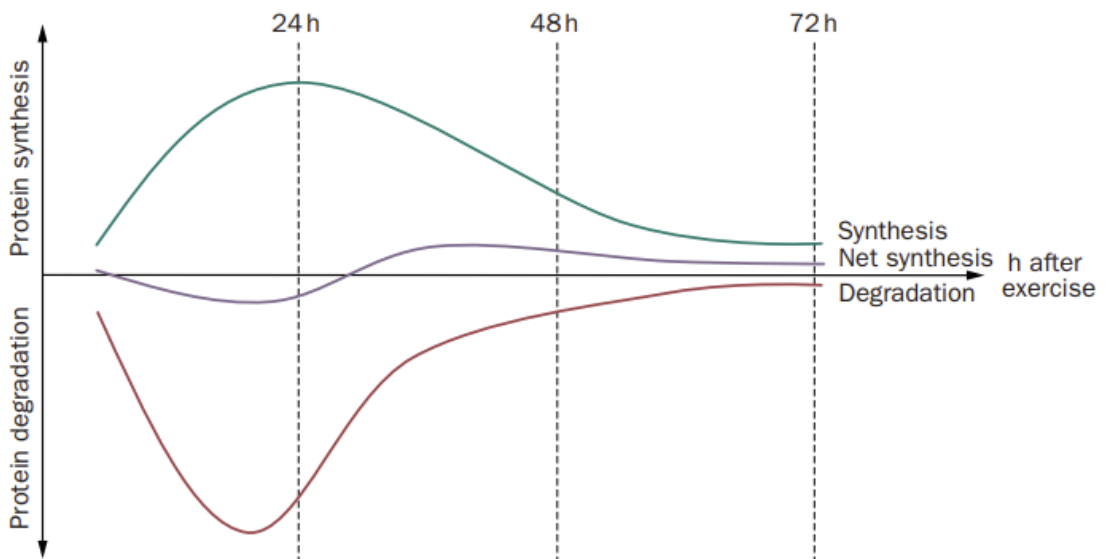


Figura 6 | Rappresentazione schematica della sintesi e degradazione del collagene. L'esercizio fisico è seguito da un aumento sia della sintesi che della degradazione del collagene. Durante le prime 24-36 ore, questa risposta comporta una perdita netta di collagene, ma è seguita da una sintesi netta 36-72 ore dopo l'esercizio. L'allenamento ripetuto con periodi di riposo troppo brevi può portare a una degradazione netta della matrice e causare lesioni da uso eccessivo.

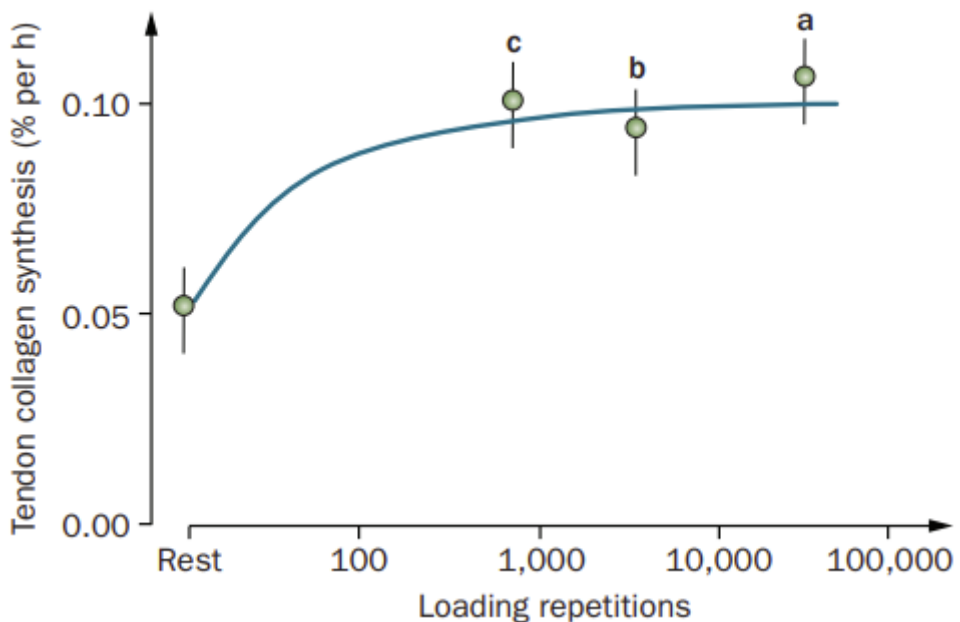


Figura 7 | Risposta del collagene al carico. La sintesi del collagene, basata sul numero di ripetizioni del carico negli studi su umani, a | corsa di 36 km, b | 1 ora di calci massimali con il ginocchio o c | 10 volte 10 ripetizioni di estensione del ginocchio (70% del massimo di una ripetizione). Il grafico indica un aumento simile nella sintesi del collagene indipendentemente dal volume dell'esercizio (ripetizioni), il che suggerisce che esiste un effetto di saturazione nella sintesi del collagene. Indica inoltre che aggiungere ripetizioni di esercizio (carico cumulativo) non aumenterà ulteriormente la sintesi del collagene, ma

*potenzialmente aumenterà la degradazione e amplificherà ulteriormente un bilancio netto negativo nel collagene.* <sup>6</sup>

I principali fattori di regolazione del collagene sono:

**Fattori di Crescita (TGF beta, FGF):** Promuovono la sintesi del collagene nel tessuto tendineo [20]

**Fattori di Trascrizione:** Regolano l'espressione dei geni che codificano il collagene [16].

**Proteine (Sclerasina, Mohawk, Zinc Finger Proteina I):** Regolano l'organizzazione e la sintesi del collagene [18].

**Forze Meccaniche:** Influenzano la densità e l'organizzazione delle fibre di collagene, mantenendo l'integrità strutturale e la funzione del tendine [17][19].

## **2.8 Matrice Extracellulare (ECM)**

La matrice extracellulare (ECM) è un insieme di componenti che favorisce una solida adesione cellulare e svolge un'importante funzione sia a livello biologico che meccanico nel conferire alla struttura tendinea la capacità di resistere agli stimoli meccanici esterni e di tradurre tali sollecitazioni in una risposta biologica in grado di mantenere l'omeostasi del tessuto tendineo. In particolare, la matrice extracellulare promuove il rilascio di fattori di crescita e il rinnovo della struttura cellulare che è stata sottoposta ad uno stress meccanico. Inoltre, grazie alle proprietà delle sostanze contenute al suo interno, il tendine ottiene una maggiore resistenza alla deformazione, che si traduce in una maggiore efficienza durante i movimenti a basso costo energetico e durante i cicli di allungamento/accorciamento [15].

**Matrice Interfascicolare e Intrafascicolare:** La matrice interfascicolare è metabolicamente più attiva e coinvolta nel turnover del collagene. La matrice intrafascicolare supporta le fibre di collagene [21].

**Composizione:** La matrice è composta principalmente da acqua (70%), collagene, glicoproteine, proteoglicani e glicosamminoglicani, i quali contribuiscono all'integrità e alla funzionalità del tendine [16][18].

---

<sup>6</sup> Immagini tratte da Magnusson SP, Langberg H, Kjaer M. The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. Nat Rev Rheumatol. 2010 May;6(5):262-8. doi: 10.1038/nrrheum.2010.43. Epub 2010 Mar 23. PMID: 20308995.

## 2.9 Tessuti di Rivestimento

Esternamente il tendine è rivestito da tessuto connettivo sinoviale per garantire un maggiore scorrimento, specialmente nelle aree in cui è richiesta una maggiore lubrificazione a causa di un maggiore stress compressivo da parte delle strutture adiacenti. Dall'interno verso l'esterno si possono individuare i seguenti tessuti:

**Endotenonio:** Rete di tessuto connettivo che avvolge i fascicoli di collagene e contiene vie vascolari, linfatiche e neurali [16].

**Epitenonio:** Avvolge i fascicoli secondari e terziari, proteggendoli e permettendo il passaggio di vasi sanguigni [18].

**Paratenonio:** Tessuto connettivo esterno che circonda il tendine, permettendo l'ingresso di vasi sanguigni e linfatici per nutrire il tendine [16].

## 2.10 Vascolarizzazione del Tendine

I tendini sono tessuti metabolicamente attivi che necessitano di supporto dal sistema vascolare anche se in misura ridotta, infatti, in alcune zone possono anche essere completamente non vascolarizzati. Il flusso sanguigno è garantito principalmente da 3 fonti, di cui 2 intrinseche e 1 estrinseca: le vie intrinseche possono essere individuate a livello della giunzione osteotendinea e a livello della giunzione miotendinea, mentre la via estrinseca è localizzata a livello delle guaine di rivestimento, tra cui il paratenonio e la guaina sinoviale. Il rapporto secondo cui le due vie contribuiscano all'apporto di sangue non è sempre costante, infatti, è possibile notare un maggiore apporto di sangue da parte delle vie intrinseche fino al terzo prossimale del tendine da parte della giunzione miotendinea e una vascolarizzazione limitata solo al sito di inserzione da parte della giunzione osteotendinea. Inoltre, in alcune zone si possono evidenziare aree ipovascolari, come nel caso del tendine di Achille o del flessore profondo delle dita, dove, a causa di maggiori forze di compressione e di sfregamento la vascolarizzazione è compromessa. Il contributo della via estrinseca è invece garantito dalle guaine di rivestimento, le quali permettono l'ingresso di vasi sanguigni a livello dell'epitenonio e dell'endotenonio, per creare dei plessi che si distribuiscono sulla superficie del tendine. Nel caso in cui non sia presente una guaina di rivestimento, l'apporto di sangue è garantito dal paratenonio [18][25].

## 2.11 Innervazione del Tendine

Il sistema che garantisce l'innervazione all'interno del tendine prende origine dai tronchi nervosi cutanei muscolari e peritendinei. A livello della giunzione miotendinea, le fibre nervose penetrano nell'endotenonio per formare dei plessi che scendono e raggiungono poi l'epitenonio, anche se la maggior parte di queste fibre non supera la superficie tendinea. Si possono identificare due tipologie di terminazioni nervose all'interno del

tessuto tendineo: terminazioni nervose di fibre mieliniche che fungono da meccanocettori, ovvero fibre specializzate nel rilevare cambiamenti di pressione o tensione. All'interno del tessuto tendineo sono presenti delle sottili capsule di tessuto connettivo che racchiudono dei gruppi di ramificazioni di grosse fibre nervose mieliniche, queste prendono il nome di "organi tendinei di Golgi" e sono maggiormente presenti nella zona della giunzione miotendinea. Successivamente è possibile individuare delle terminazioni nervose di fibre amieliniche che fungono da nocicettori, percependo e trasmettendo il dolore. Sono presenti sia fibre parasimpatiche e sia fibre ortosimpatiche. Infine, è possibile suddividere le terminazioni nervose in quattro sottogruppi, in base alle loro differenti funzioni: tipo I, corpuscoli di Ruffini; tipo II, corpuscoli di Vater-Pacini; tipo III, organi tendinei del Golgi; e tipo IV, terminazioni nervose libere. I meccanocettori (tipi I, II e III), presenti all'interno e sulla superficie del tendine, convertono gli stimoli di pressione o tensione in segnali nervosi afferenti. I corpuscoli di Ruffini funzionano come sensori di pressione e hanno una soglia relativamente bassa in risposta alla pressione. Sono lenti nell'adattarsi e rispondono a condizioni statiche di posizione e allungamento. I corpuscoli di Vater-Pacini sono anch'essi sensori di pressione, ma si adattano rapidamente e, quindi, possono reagire ai cambiamenti dinamici come la velocità e l'accelerazione/decelerazione. Gli organi tendinei del Golgi, insieme ai fusi muscolari, sono recettori di tensione e segnalano la posizione. Reagiscono lentamente sia alla contrazione attiva che all'allungamento passivo delle unità muscolo-tendinee coinvolte e inibiscono la contrazione muscolare. Infine, le terminazioni nervose libere, presenti all'interno dei tendini ma principalmente nel tessuto peritendineo, sono recettori del dolore. Il numero e la localizzazione delle fibre nervose e delle terminazioni nervose variano a seconda della funzione del tendine, essendo più rappresentate nei tendini più piccoli coinvolti nei movimenti fini.

[15][18][25]

## **2.12 Proprietà Biomeccaniche del Tendine**

Le proprietà biomeccaniche del tendine sono garantite dalla presenza degli elementi che ne compongono la matrice, che conferiscono al tendine la capacità di assorbire grandi quantità di energia meccanica e di restituirla sotto forma di tensione meccanica per permettere il movimento dei segmenti corporei.

Le principali caratteristiche sono quelle di una elevata resistenza meccanica e di viscoelasticità. Un materiale viscoelastico presenta delle caratteristiche comuni sia ad un materiale elastico, ovvero in grado di deformarsi in base alla quantità di forza applicata e di tornare alla posizione di partenza, e sia di un materiale viscoso, ovvero la cui deformazione dipende dall'intensità e dal tempo per cui lo stress è somministrato. La viscoelasticità rende i tendini più deformabili a basse velocità di deformazione ma meno deformabili ad alte velocità di deformazione. Pertanto, i tendini a basse velocità di deformazione tendono ad assorbire più energia meccanica, ma sono meno efficaci nel

restituire tensione meccanica. Ad alte velocità di deformazione, invece, i tendini diventano più rigidi e più efficaci nel trasmettere grandi tensioni muscolari all'osso.

La struttura e la composizione unica dei tendini è facilmente rappresentabile tramite una tipica curva sforzo-deformazione composta da quattro regioni:

**“Toe region”**: Ovvero la regione di adattamento, dove la deformazione del tendine è inferiore al 2%, in cui i fasci di collagene solitamente disposti a “zig-zag” si raddrizzano per l’effetto della tensione meccanica.

**Regione lineare**: Dove la deformazione del tendine è inferiore al 4%, ovvero il limite fisiologico massimo di deformazione. In questa regione, le fibrille di collagene si orientano in direzione dello stress meccanico di trazione. La pendenza di questa regione è costante e viene definita come Modulo di Young. Il modulo di Young (o di deformazione longitudinale) è un elemento molto importante nella biomeccanica tendinea e rappresenta la capacità del tendine di tornare alla sua posizione di normalità una volta rimosso lo stress [16]: è la risultante del rapporto tra stress e deformazione.

Oltre la regione lineare, ovvero oltre una deformazione del 4%, si verificano micro-lacerazioni delle fibre tendinee in maniera imprevedibile. Una volta raggiunti livelli di deformazione dell’8-10%, si verificano lacerazioni macroscopiche delle fibre tendinee che possono portare successivamente alla rottura del tendine [16][19].

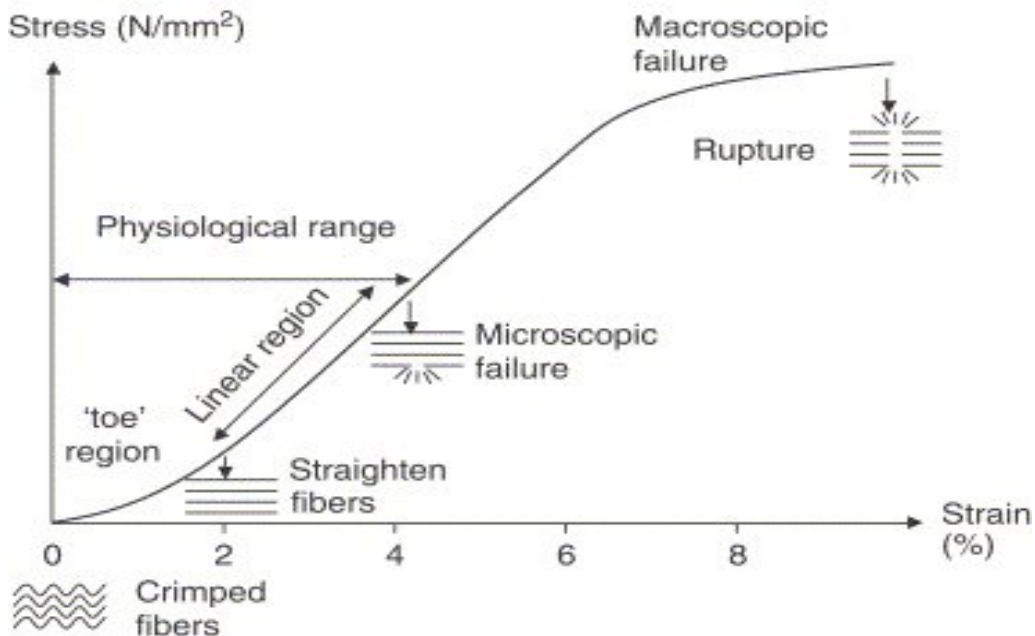


Figura 8 | Illustrazione della curva tensione-deformazione di un tendine, dove si possono individuare le diverse regioni corrispondenti alla percentuale di allungamento a cui è sottoposto il tendine, ovvero la “toe region” tra il 0-2%, la “linear region” tra il 2-4%, la regione tra il 4-6% in cui aumentano le

*probabilità di verificarsi danni a livello microscopico ed infine la regione tra l'8-10% in cui possono verificarsi danni a livello macroscopico fino alla rottura totale del tendine.*<sup>7</sup>

La “*Stiffness*” è una proprietà caratteristica del tessuto tendineo e descrive “la relazione tra la forza esercitata sul tendine ed il suo cambiamento nella lunghezza” [26]. In altre parole, la stiffness si riferisce alla resistenza di un tendine a cambiare lunghezza quando viene esposto ad un carico. Da qui si possono distinguere due tipologie di tendini:

I tendini complianti, con una bassa stiffness, che cambiano molto in termini di lunghezza quando viene loro applicata una forza.

I tendini rigidi, con un’alta stiffness, che cambiano in lunghezza solo in piccola percentuale quando la medesima forza viene loro applicata, ed è per questo che, seppur si allungano meno, sono in grado di restituire la forza più velocemente.

Fanno parte delle proprietà biomeccaniche del tendine anche i concetti di “*stress relaxation*” e “*creep behaviour*”. Il primo indica una capacità del collagene di rilassarsi progressivamente durante l’applicazione di una tensione continua (es. Contrazione isometrica). Questo principio ha implicazioni cliniche nella somministrazione del carico. In pazienti con aree tendine non responsive al carico e schermate dal collagene sano, lo stress relaxation permette una distribuzione equa della forza applicata su tutto il tendine. Il secondo rappresenta un aumento della deformazione nel tempo, generato dall’applicazione di una tensione costante. Una forza applicata in modo costante genera una deformazione maggiore, mentre un carico rapido genera una risposta rigida nel tendine.

[15]

---

<sup>7</sup> Wang JH. Mechanobiology of tendon. J Biomech. 2006;39(9):1563-82. doi: 10.1016/j.jbiomech.2005.05.011. Epub 2005 Jul 5. PMID: 16000201.

## 3. PATOFISIOLOGIA DELLA TENDINOPATIA ROTULEA

### 3.1 Teorie e Modelli Patogenetici

#### 3.1.1 Continuum Model di J. Cook

Il "*Continuum Model*" di J. Cook descrive la tendinopatia come un processo evolutivo che attraversa tre stadi principali: reattivo, mancata riparazione (dysrepair) e degenerativo.

**Stadio reattivo:** Il tendine risponde a un carico eccessivo con una proliferazione non infiammatoria a livello cellulare e della matrice. I tenociti assumono una forma simile a quella dei condrociti, aumentando la sintesi proteica. La proliferazione dei proteoglicani causa un aumento dello spessore del tendine e una modifica della matrice cellulare, con maggiore acqua legata a queste molecole, permettendo una distribuzione più ampia del carico. L'integrità del collagene è mantenuta e non ci sono modificazioni neuro-vascolari. Questo stadio è considerato un adattamento a breve termine e reversibile se il sovraccarico viene ridotto o se vi è sufficiente tempo tra le sessioni di carico [2].

**Stadio di mancata riparazione (Dysrepair):** In questa fase iniziano cambiamenti strutturali con proliferazione di condrociti, mio-fibroblasti e proteoglicani. La matrice tendinea diventa disorganizzata, il collagene si separa e aumentano i vasi sanguigni e le terminazioni nervose. Questo stadio è caratterizzato da una scarsa reversibilità [2].

**Stadio degenerativo:** Il tendine presenta alterazioni significative della matrice extracellulare, con aree di necrosi cellulare e disorganizzazione della matrice invase da vasi sanguigni, prodotti di scarto e poco collagene. Il tendine è strutturalmente e funzionalmente eterogeneo, con aree incapaci di trasmettere tensione meccanica, rendendolo più debole e vulnerabile a recidive. Questa condizione è scarsamente reversibile [2].

Nel 2016, il modello è stato rivisitato, evidenziando la possibilità di coesistenza di fasi reattive in tendini degenerati, definendo un quadro di reattivo-su-degenerativo. Inoltre, è stato sottolineato il legame tra dolore tendineo e perdita di funzione, con una riduzione della forza muscolare e del controllo motorio. La sensibilizzazione dei meccano-recettori e dei nervi periferici da parte di sostanze algogene rilasciate dai tenociti può contribuire alla nocicezione, anche a distanza. Un tendine disorganizzato non è necessariamente sintomatico, evidenziando la presenza di patologia in assenza di sintomi [3].

Il "*Continuum Model Modificato*" amplia il modello originale di Cook aggiungendo una dimensione di variabilità individuale e specificità del carico. Questo modello riconosce che la risposta del tendine al carico può variare notevolmente tra gli individui a causa di fattori genetici, età, sesso e condizioni preesistenti. Inoltre, il modello enfatizza

l'importanza di adattare il carico in modo specifico alle esigenze e alle capacità individuali per prevenire e trattare efficacemente la tendinopatia [27].

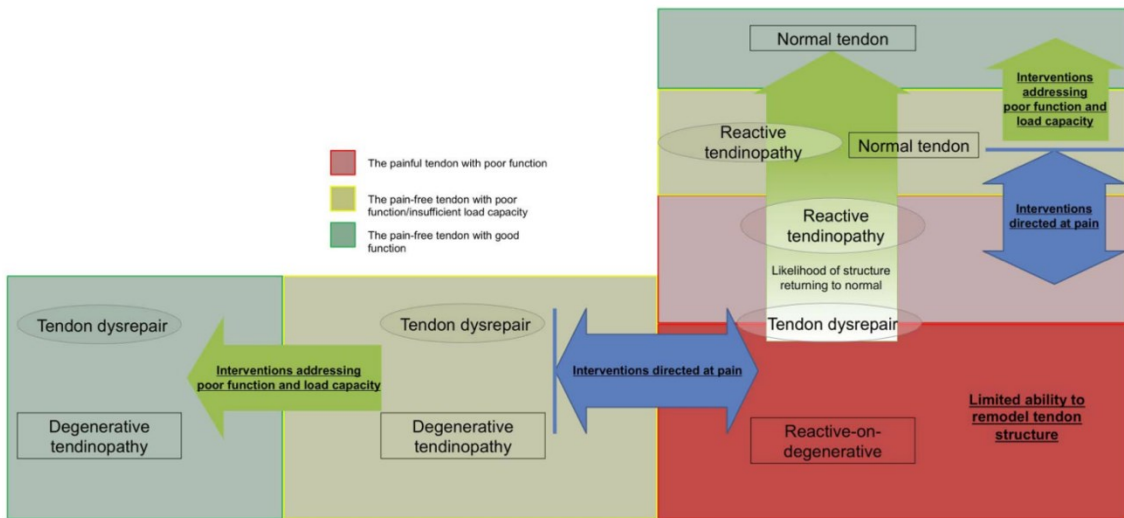


Figura 9 | Rappresentazione schematica per individuare i fenotipi dei pazienti con tendinopatia in relazione alla teoria del continuum e per scegliere il giusto trattamento. L'obiettivo del trattamento è spingere il tendine nella sezione verde con relativamente poco dolore e buona funzionalità.

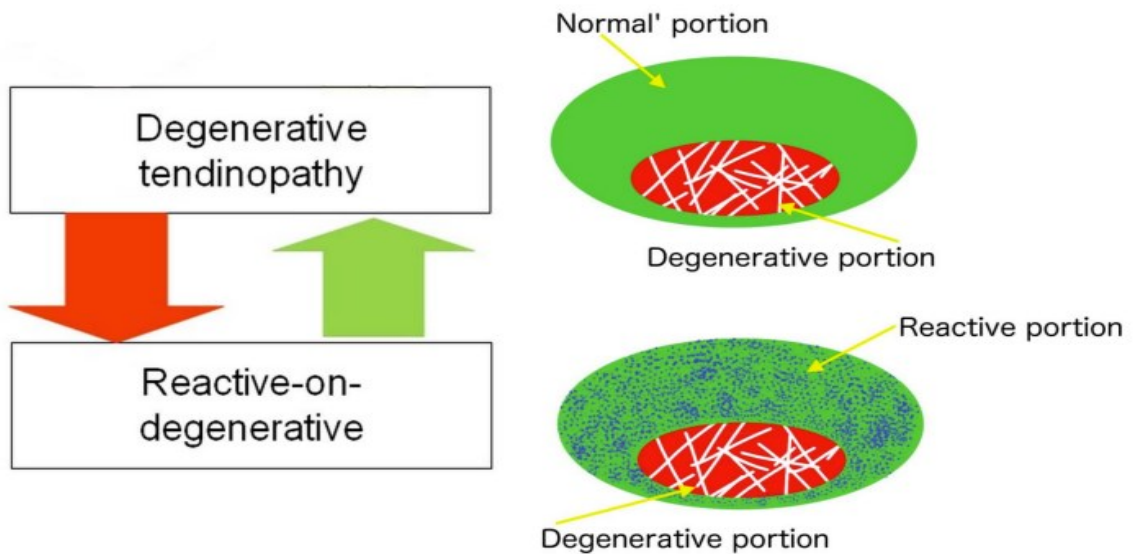


Figura 10 | Rappresentazione schematica dello stato di tendinopatia “reattivo-su-degenerativo”.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? Br J Sports Med. 2016 Oct;50(19):1187-91. doi: 10.1136/bjsports-2015-095422. Epub 2016 Apr 28. PMID: 27127294; PMCID: PMC5118437.

### 3.1.2 Modello dell'Iceberg

Il "*Modello dell'Iceberg*" propone che le tendinopatie clinicamente evidenti rappresentino solo la punta dell'iceberg, con molti soggetti che presentano alterazioni tendinee subcliniche senza sintomi evidenti. Un tessuto esposto ad un carico non tollerato può andare incontro a danni microstrutturali e perdita di funzione. La presenza di queste alterazioni subcliniche può complicare la gestione della tendinopatia, poiché possono predisporre gli individui a sviluppare sintomi clinici in futuro. Questo modello sottolinea la difficoltà nel diagnosticare e gestire la tendinopatia, poiché i cambiamenti strutturali possono essere presenti anche in assenza di sintomi [25][28].

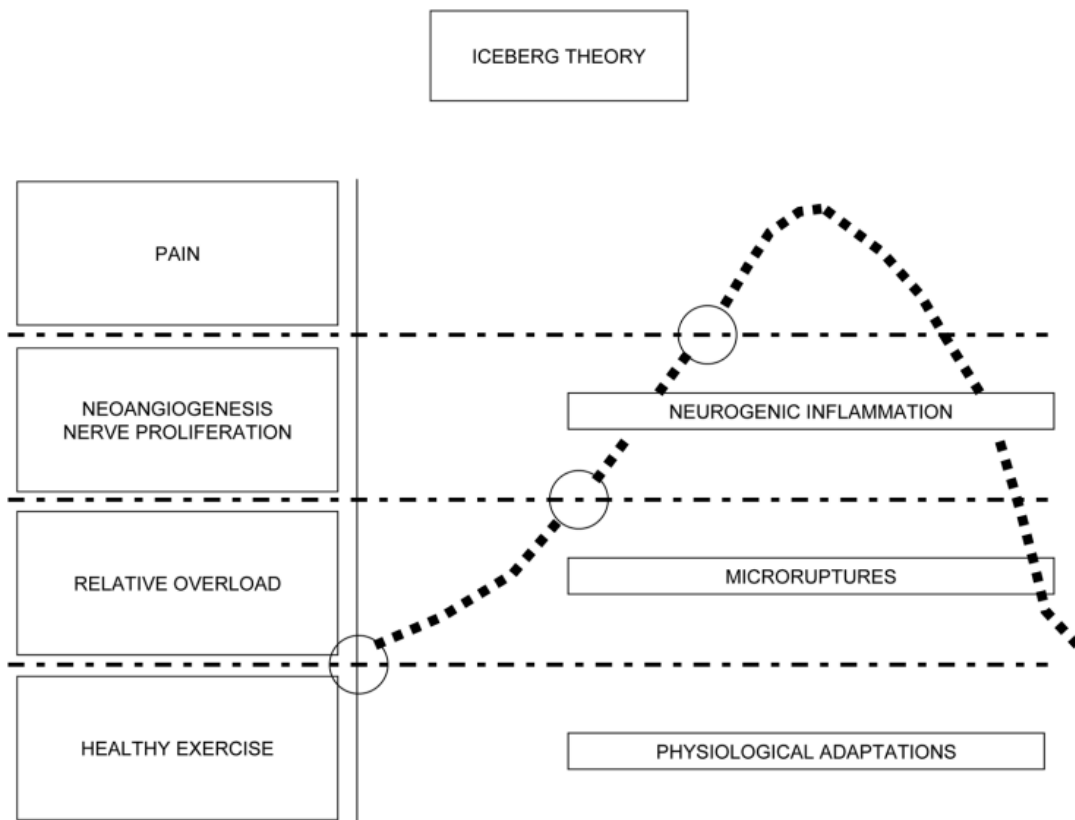


Figura 11 | Rappresentazione del modello dell'iceberg.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Abate M, Silbernagel KG, 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. doi: 10.1186/ar2723. Epub 2009 Jun 30. PMID: 19591655; PMCID: PMC2714139.

## 4. MODALITÀ DI ESERCIZIO TERAPEUTICO

L'esercizio terapeutico è una forma di trattamento che può essere applicata in diverse modalità. Nel trattamento delle tendinopatie, in particolare di quelle all'arto inferiore, l'utilizzo delle contrazioni eccentriche è stato centrale per diversi anni, ma ultimamente la loro superiorità rispetto ad altre modalità di esercizio è stata messa in discussione [29]. Nei successivi paragrafi sono riportati i principali protocollo di trattamento per le diverse modalità di esercizio terapeutico, tra cui: esercizio isometrico, esercizio eccentrico, esercizio isotonico con carico alto o moderato ed esecuzione lenta (Heavy/Moderate Slow Resistance), esercizio con carico progressivo sul tendine (Progressive Tendon Loading Exercise).

### 4.1 Esercizio Isometrico

L'esercizio isometrico prevede una contrazione muscolare con nessun movimento dell'articolazione associata. Nonostante ciò, è possibile notare un accorciamento dell'unità muscolo-tendinea dovuto all'allungamento del tendine sotto tensione. Il protocollo di esercizio isometrico più comunemente utilizzato consiste in 5 serie da ripetizioni della durata di 45 secondi al 80% della massima contrazione volontaria, eseguite sul macchinario "leg extension" con una flessione di ginocchio di 60°. Il programma prevede un aumento del carico del 2,5% ogni settimana, dove possibile. In caso di dolore o di incapacità di completare la serie di ripetizioni con un'esecuzione corretta (episodi di tremore o cedimento), gli atleti vengono istruiti ad abbassare il carico e completare l'intera sessione di allenamento (per ottenere un tempo sotto tensione costante) [30].



Figura 12 | Tenuta isometrica alla leg extension a 60° di flessione di ginocchio.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Immagine tratta da: 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. doi: 10.2519/jospt.2015.5987. Epub 2015 Sep 21. PMID: 26390269.

## 4.2 Esercizio Eccentrico

L'esercizio eccentrico prevede una contrazione muscolare con un movimento dell'articolazione associata e un allungamento dell'unità muscolo-tendinea. Il protocollo di allenamento eccentrico più comunemente utilizzato prevede due sessioni di allenamento giornaliere, caratterizzate da tre serie di quindici ripetizioni di uno squat eseguito su una pedana declinata di 25°, in cui la componente discendente (fase eccentrica) viene eseguita con la gamba sintomatica e la componente ascendente (fase concentrica) con l'aiuto della gamba controlaterale. Gli atleti vengono istruiti ad arrivare fino ad un massimo di 60° di flessione di ginocchio, eseguire gli esercizi con dolore moderato (punteggio VAS  $\geq 5$  punti su una scala da 0 a 10 durante gli esercizi) e di progredire con il carico (incremento di 5 kg) ogni volta che la percezione del dolore sia minore [31].



Figura 13 | Squat su una gamba eseguito su una pedana declinata di 25°. 11

## 4.3 Esercizio Isotonico o “Heavy/Moderate Slow Resistance”

L'esercizio isotonico prevede una contrazione muscolare sia durante la fase eccentrica e sia durante la fase concentrica. In particolare, a seconda dell'intensità di carico utilizzata durante l'esercizio in relazione al carico massimale (RM, carico massimo che un individuo può utilizzare per un determinato numero di ripetizioni; ad es. 8RM= carico massimale per eseguire 8 ripetizioni), si può fare riferimento rispettivamente ad esercizi ad alto carico ed esecuzione lenta (HSR, heavy slow resistance training) nel caso in cui il carico utilizzato corrisponda al 85/90% del carico massimale, e ad esercizi con esecuzione lenta e carico moderato (MSR, moderate slow resistance training) nel caso in cui il carico utilizzato corrisponda al 55% del carico massimale [32]. Il protocollo di allenamento HSR descritto nello studio di Kongsgaard e collaboratori [33] prevede tre sessioni di allenamento settimanali, di cui una sotto supervisione. Ogni sessione di allenamento

---

11 Immagine tratta da: 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):501-509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33219115; PMCID: PMC8070614.

consiste di tre esercizi isotonici bilaterali: squat, leg press, hack squat. Sono previste quattro serie per ogni esercizio, con un riposo di due o tre minuti tra le serie allenanti. Le ripetizioni ed i carichi somministrati corrispondono al 15RM per la prima settimana, 12RM per la seconda e terza settimana, 10RM per la quarta e quinta settimana, 8RM dalla sesta all'ottava settimana e 6RM dalla nona alla dodicesima settimana. Tutti gli esercizi devono essere eseguiti da una posizione di completa estensione fino a 90° di flessione di ginocchio e viceversa. La durata di ciascuna ripetizione deve corrispondere a sei secondi, di cui tre durante la fase eccentrica e tre durante la fase concentrica. Il dolore durante l'esecuzione degli esercizi deve essere accettabile (punteggio inferiore a 50 sulla scala VAS 0-100), e non deve verificarsi un'esacerbazione dei sintomi nei periodi successivi all'allenamento. I soggetti inclusi nello studio hanno potuto continuare le attività sportive durante il periodo di intervento di 12 settimane, a patto che queste potessero essere eseguite con minimo fastidio (punteggio inferiore a 30 sulla scala VAS 0-100).



Figura 14 | Esercizi del protocollo “Heavy Slow Resistance Training”: Squat (a), leg extension (b) e leg press (c).<sup>12</sup>

#### 4.4 Esercizio con carico progressivo sul tendine (Progressive Tendon Loading Exercise)

In due revisioni della letteratura recenti di Mascarò A. [34] e Malliaras P. [35], dopo un'analisi delle evidenze presenti sul trattamento della tendinopatia rotulea, gli autori hanno proposto un programma di trattamento basato sulla progressione del carico a cui viene sottoposto il tendine (PTLE) e sul monitoraggio del dolore in risposta all'esercizio terapeutico (PMM, pain monitoring model) (figura 15). L'obiettivo di questo protocollo è quello di sviluppare una maggiore capacità di carico del tendine, dell'unità muscolo-tendinea e della catena cinetica interessata. I criteri di progressione sono individualizzati, basati sul dolore, forza e funzione dell'atleta. Inizialmente, viene effettuata una modifica dei carichi a cui viene sottoposto il tendine per ridurre il dolore, riducendo le attività ad alta intensità che possono aggravare il dolore. La modifica dei carichi e la successiva

<sup>12</sup> Immagine tratta da: Sprague AL, Couppé C, Pohlig RT, Snyder-Mackler L, Silbernagel KG. Pain-guided activity modification during treatment for patellar tendinopathy: a feasibility and pilot randomized clinical trial. *Pilot Feasibility Stud.* 2021 Feb 25;7(1):58. doi: 10.1186/s40814-021-00792-5. PMID: 33632313; PMCID: PMC7905015.

progressione di allenamento sono basate su un attento monitoraggio del dolore, accettando un certo livello di dolore durante e dopo l'esercizio, purché i sintomi si risolvano rapidamente e non peggiorino nel tempo. Gli autori monitorano la risposta al dolore utilizzando un test di provocazione del dolore, come lo squat declinato su una gamba. Questo test viene eseguito con il busto eretto fino a 90° di flessione del ginocchio o fino all'angolo massimo consentito dal dolore, valutando il dolore su una scala numerica da 0 a 10. Il test viene somministrato quotidianamente, alla stessa ora, durante l'intero processo di riabilitazione. Se il punteggio del dolore nel test di carico torna al valore di base entro 24 ore dall'attività o dalla sessione di riabilitazione, significa che il carico è stato tollerato. Se il dolore è maggiore, la tolleranza al carico è stata superata. Gli autori ritengono che la valutazione del dolore basata su un test di carico standard per ogni individuo sia più importante della valutazione del dolore durante l'esercizio per determinare la progressione del carico durante il percorso di riabilitazione. Alcuni autori suggeriscono che un livello di dolore fino a 3-5 su una scala numerica da 0 a 10 sia accettabile durante l'esercizio [33]. Tuttavia, gli autori sottolineano che maggiore enfasi dovrebbe essere posta sulla risposta al dolore a 24 ore dopo un test di carico predefinito. La progressione degli esercizi proposta dagli autori è costituita da quattro fasi consecutive che prevedono un carico sul tendine sempre maggiore, iniziando dall'esercizio isometrico, per poi passare, prima all'esercizio isotonic ad alto carico ed esecuzione lenta e poi ad esercizi di accumulo e rilascio di energia, fino ad arrivare alle attività specifiche dello sport di riferimento (basket, pallavolo).

## Pain Monitoring Model

Numeric Pain Rating Scale (NPRS)

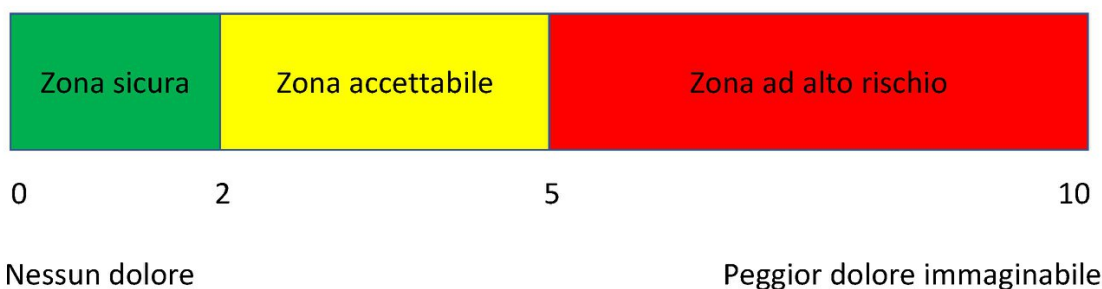


Figura 15 | Immagine che rappresenta la scala di valutazione numerica del dolore, utilizzata nel "Pain Monitoring Model" per progredire nelle fasi successive della riabilitazione.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Immagine tratta e tradotta da: 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. doi: 10.1177/0363546506298279. Epub 2007 Feb 16. PMID: 17307888.

Di seguito viene riportato il programma di esercizio utilizzato nello studio randomizzato controllato di Breda S.J. e collaboratori [36]:

Il programma PTLE è suddiviso in quattro fasi, con la fase 1 che consiste in esercizi isometrici quotidiani (leg press su una gamba o leg extension), con 5 ripetizioni di tenuta isometrica del quadricipite a 60° di flessione di ginocchio per 45 secondi al 70% della massima contrazione volontaria. Come alternativa, nel caso in cui una leg press o una leg extension non sia disponibile, è consigliato eseguire una tenuta isometrica della posizione seduta a muro (“*Wall sit*”) con una flessione di ginocchio di 90° per 45 secondi e, anche in questo caso, aumentare l’intensità dell’esercizio affinché la posizione non possa essere mantenuta oltre il tempo prestabilito. Gli esercizi devono essere eseguiti bilateralmente ed il riposo tra ciascuna serie allenante deve essere di due minuti. La progressione verso la fase successiva può avvenire quando gli esercizi della fase 1 ed il test di provocazione del dolore possono essere eseguiti con un dolore accettabile (3/10 o inferiore) per una settimana.

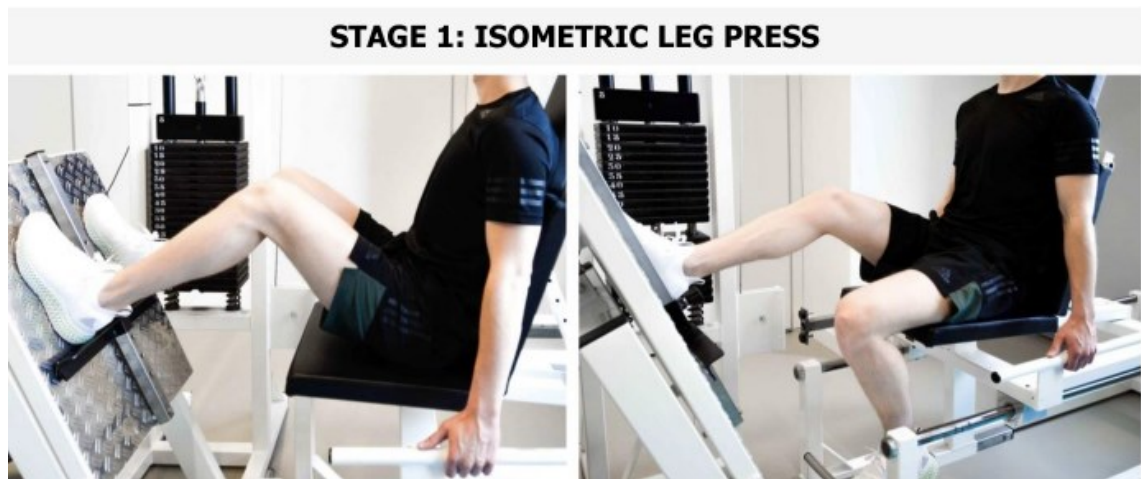


Figura 16 | Esercizio della fase 1 di tenuta isometrica alla leg press.



Figura 17 | Esercizio della fase 1 di tenuta isometrica “wall sit” da eseguire in alternativa alla leg press.

La fase 2 comprende gli esercizi isometrici della fase 1 ogni primo giorno e nuovi esercizi isotonici eseguiti ogni secondo giorno. Anche gli esercizi isotonici proposti consistono in leg press o leg extension su una gamba, iniziando con 4 serie da 15 ripetizioni (15RM) tra 10° e 60° di flessione del ginocchio e progredendo lentamente a 4 serie da 6 ripetizioni (6RM) con carichi crescenti e angoli del ginocchio tra quasi estensione completa e 90° di flessione. Nel caso in cui non sia possibile eseguire gli esercizi ad una leg press o leg extension, si consiglia di eseguire degli affondi con manubri o degli step up come alternativa. Gli esercizi devono essere eseguiti bilateralmente, con un riposo di due minuti tra ciascuna serie allenante. La fase successiva può essere iniziata se gli esercizi della fase 2 e il test di provocazione possono essere eseguiti con un dolore accettabile (3/10 o inferiore) per una settimana. Inoltre, la forza degli arti inferiore deve essere simile, ed approssimativamente deve essere possibile sollevare un carico corrispondente a circa il 100-150% del peso corporeo alla leg press per 4 serie da 6 ripetizioni (6RM) con un livello di dolore accettabile (3/10 o inferiore).



Figura 18 | Esercizio isotonic della fase 2 alla leg press.



Figura 19 | Esercizi isotonic della fase 2 da eseguire in alternativa alla leg press, “walking lunge” (affondi) e “step ups”.

La fase 3 comprende esercizi pliometrici (di immagazzinamento di energia) e di corsa (jump squat, salti su box e manovre di taglio) ogni terzo giorno, iniziando con 3 serie da 10 ripetizioni utilizzando entrambe le gambe e progredendo lentamente a 6 serie da 10 ripetizioni utilizzando una gamba (2 minuti di recupero tra le serie allenanti). Gli esercizi isometrici e isotonici sono stati continuati rispettivamente ogni primo e secondo giorno. La progressione del carico in questi esercizi può essere effettuata aumentando l'altezza del salto (negli esercizi di salto/atterraggio) e aumentando la velocità degli scatti (negli esercizi di corsa). Ovviamente, in questa fase gli esercizi andranno personalizzati in base allo sport praticato dall'atleta, preferendo attività di salto ed atterraggio in atleti di basket o pallavolo o attività di accelerazione e decelerazione in atleti di calcio. Tuttavia, gli autori consigliano comunque di iniziare con esercizi come il "jump squat" o il "split jump squat" per tutti gli atleti. Si può passare alla fase successiva se il dolore durante gli esercizi della fase 3 e durante il test di provocazione sia accettabile (3/10 o inferiore) per una settimana.



Figura 20 | Esercizio della fase 3 di accumulo e rilascio di energia: "jump squat".

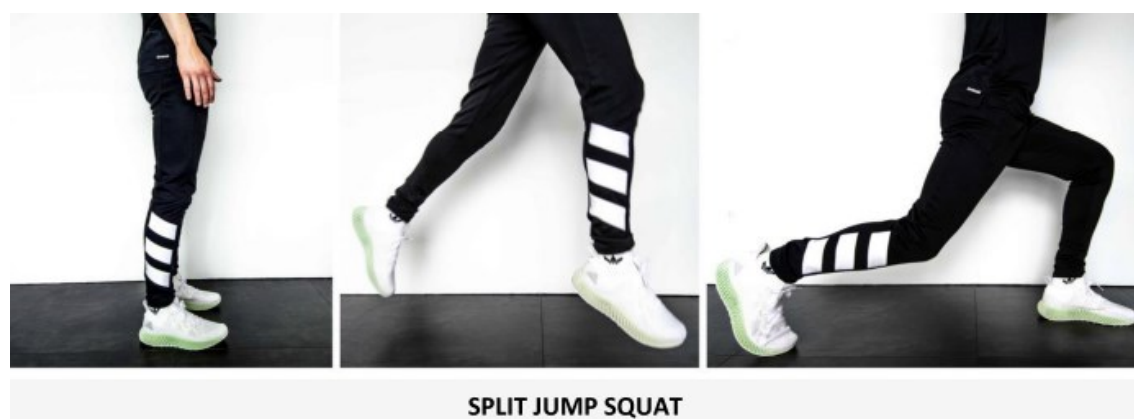


Figura 21 | Esercizio della fase 3 di accumulo e rilascio di energia: "split jump squat".



*Figura 22 | Esercizio della fase 3 di accumulo e rilascio di energia: "box jumps".*

Nella fase 4 gli atleti possono tornare gradualmente agli allenamenti sport-specifici. Gli atleti sono stati istruiti a tornare gradualmente all'allenamento specifico per il loro sport, idealmente eseguito ogni 2-3 giorni per consentire il recupero dagli esercizi ad alto carico per il tendine. In questa fase, gli esercizi isometrici della fase 1 sono stati continuati nei giorni in cui non venivano eseguiti gli esercizi specifici per lo sport. Quando tutti gli esercizi individuali della fase 4 sono stati eseguiti entro i limiti del dolore accettabile (punteggio VAS  $\leq 3$  punti), si raccomanda il ritorno agli allenamenti di gruppo (iniziando da 30 minuti a bassa intensità, aumentando gradualmente la durata e l'intensità dell'allenamento). Il ritorno alla competizione è stato concesso dopo che l'atleta sia riuscito a sostenere tre allenamenti di gruppo completi con un livello di dolore accettabile. Dunque, secondo questo programma PTLE, il tempo minimo per il ritorno allo sport è di quattro settimane. In questa fase, gli esercizi di mantenimento delle fasi 1 e 2 sono stati consigliati due volte a settimana.

Inoltre, gli atleti inclusi in questo studio sono stati istruiti a eseguire esercizi mirati ai fattori di rischio per la tendinopatia rotulea in aggiunta agli esercizi specifici per il tendine assegnati. Questi esercizi includevano esercizi di flessibilità per i muscoli del quadricipite, dei muscoli ischiocrurali, del gastrocnemio e del soleo, esercizi di forza per i muscoli abduzioni dell'anca e per i muscoli estensori dell'anca utilizzando una banda elastica di resistenza, esercizi di rafforzamento dei muscoli del polpaccio ed esercizi di stabilità del core. La banda di resistenza è stata fornita a ciascun partecipante. Tutti i pazienti con sintomi bilaterali sono stati motivati a eseguire gli esercizi per entrambe le gambe.



*Figura 23 | Esercizio di stretching del quadricipite, ischiocrurali, gastrocnemio e soleo.*



*Figura 24 | Esercizio di rinforzo degli abduttori ed estensori di anca tramite banda elastica.*



*Figura 25 | Esercizio di rinforzo dei muscoli del polpaccio: gastrocnemio e soleo.<sup>14</sup>*

---

<sup>14</sup> Immagini tratte da: 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):501-509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33219115; PMCID: PMC8070614.

## PARTE SPERIMENTALE

### 5. MATERIALI E METODI

#### 5.1 Studio

L'esercizio terapeutico nel recupero funzionale nell'atleta con tendinopatia rotulea  
Revisione della letteratura

#### 5.2 Obiettivo dello studio

L'obiettivo di questa revisione è quello di identificare le migliori evidenze in letteratura sulla somministrazione e sul dosaggio dell'esercizio terapeutico nel trattamento della tendinopatia rotulea nell'atleta, al fine di ottenere una riduzione del dolore e un miglioramento della funzione.

#### 5.3 Ricerca e selezione degli studi

La ricerca degli studi è stata effettuata nella banca dati PUBMED.

Il quesito di ricerca è stato impostato secondo il modello PICO:

- **P (population):** atleti con tendinopatia rotulea
- **I (intervention):** esercizio terapeutico
- **C (comparison):** non presente
- **O (outcome):** dolore e funzione riportata dal paziente

Le parole identificate sono state poi combinate tra loro attraverso gli operatori booleani "AND" e "OR" ed è stata ottenuta la seguente stringa di ricerca:

((patellar tendinopathy) OR (jumper's knee) OR (patellar tendinitis) OR (patellar tendinosis) OR (patellar tendonitis)) AND ((exercise therapy) OR (management) OR (loading) OR (isometric) OR (eccentric) OR (concentric) OR (heavy slow resistance) OR (efficacy) OR (effectiveness) OR (plyometric)) AND ((pain) OR (function)) AND (meta-analysis[Filter] OR randomizedcontrolledtrial[Filter] OR systematicreview[Filter])

Quesito di ricerca: Identificare l'efficacia e le modalità di somministrazione dell'esercizio terapeutico nel migliorare il dolore e la funzione nell'atleta con tendinopatia rotulea.				
P	I	C	O	Filtri
Patellar tendinopathy OR Jumper's knee OR Patellar tendinitis OR Patellar tendinosis OR Patellar tendonitis	Exercise therapy OR Management OR Loading OR Isometric OR Eccentric OR Concentric OR Heavy slow resistance OR Plyometric OR Efficacy OR Effectiveness	Non presente	Pain OR Function	Meta-analysis OR Randomizedcontrolled trial OR Systematicreview

### **Criteri di inclusione**

- Lingua inglese
- Popolazione di atleti con tendinopatia rotulea
- Trattamento conservativo tramite esercizio terapeutico
- Studi randomizzati controllati
- Revisioni sistematiche
- Metanalisi

### **Criteri di esclusione**

- Solo utilizzo di terapie passive o intervento chirurgico
- Full text non disponibile

Dopo aver utilizzato la stringa di ricerca, il totale degli articoli è stato revisionato. La revisione è iniziata con l'esclusione degli studi non pertinenti a partire dal titolo, successivamente sono stati analizzati gli abstract degli studi rimanenti per passare infine alla ricerca dei full text, da cui sono stati selezionati gli studi finali. Infine, sono stati esclusi tutti gli studi randomizzati controllati che fossero già stati analizzati nel dettaglio in altre revisioni sistematiche.

## 6. RISULTATI

### 6.1 Risultati della ricerca

Attraverso la stringa di ricerca iniziale sono stati individuati 396 articoli. Successivamente sono stati rimossi 357 articoli che non corrispondevano al quesito clinico o non rispettavano i criteri di inclusione/esclusione. Dei 39 articoli rimanenti sono stati analizzati i full text.

L'analisi dei full text ha portato ad escludere 24 articoli, ottenendo dunque un totale di 15 articoli validi per la revisione.

Di seguito viene riportato il diagramma di flusso che mostra il processo di selezione degli articoli.

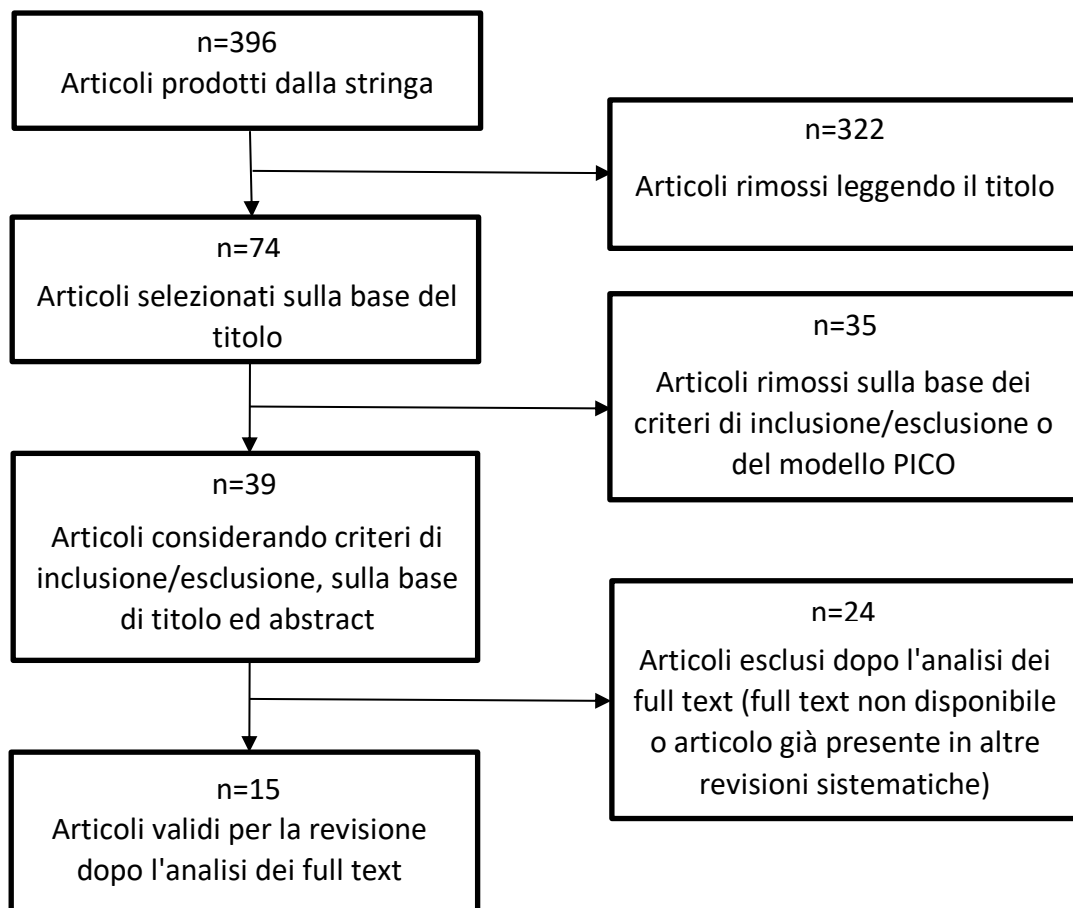


Figura 26 | Diagramma di flusso che mostra il processo di selezione degli articoli per la revisione.

## 6.2 Descrizione degli studi

L'analisi della letteratura ha portato all'inclusione di 15 articoli. Nella seguente tabella verranno riassunte le principali informazioni di ciascun articolo incluso nell'analisi.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Challoumas D. et al. (2023) <b>“Effectiveness of Exercise Treatments with or without Adjuncts for Common Lower Limb Tendinopathies: A Living Systematic Review and Network Meta-analysis.”</b> [37]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi un totale di 68 studi (RCT), di cui 31 sulla tendinopatia achillea (n=1792 pazienti di età media=46 anni), 31 sulla tendinopatia rotulea (1109 pazienti di età media = 28 anni) e 6 sulla tendinopatia glutea (n=907 pazienti di età media = 55 anni). La diagnosi di tendinopatia doveva essere confermata da un medico. Sono stati esclusi trial che avevano come oggetto tendinopatie inserzionali del tendine di Achille, trial con partecipanti di età inferiore ai 18 anni, rotture parziali o complete del tendine, interventi chirurgici pregressi, studi su animali o in vitro. Sono stati selezionati trial che includevano qualsiasi tipo di trattamento che venisse messo a confronto con il solo esercizio terapeutico o l'esercizio terapeutico con un trattamento aggiuntivo supplementare.
<b>SCOPO</b>	Comparare l'efficacia dell'esercizio terapeutico con o senza l'aggiunta di trattamenti ausiliari con altre tipologie di trattamento, in pazienti con le più comuni tendinopatie dell'arto inferiore (Achillea, rotulea e glutea) nelle misure di outcome del dolore e della funzione riportate dal paziente. Le misure di outcome primarie prese in considerazione sono il dolore riportato dal paziente tramite una scala viso analogica (VAS) o un equivalente numerico (NRS 0-10 o 0-100), e il questionario “Victorian institute of Sport Assessment” (VISA) che è stato sviluppato per misurare il dolore e la funzione riportata dal paziente nella tendinopatia Achillea (VISA-A), tendinopatia rotulea (VISA-P) e nella tendinopatia glutea (GTPS = greater trochanter pain syndrome). Le misurazioni di outcome sono state suddivise in 3 intervalli, breve termine (periodo inferiore o uguale a 12 settimane), medio termine (periodo compreso tra 12 settimane e 12 mesi) e lungo termine (periodo superiore a 12 mesi).
<b>RISULTATI</b>	Non è stata trovata alcuna evidenza convincente che alcun trattamento aggiuntivo somministrato da solo o insieme all'esercizio terapeutico sia più efficace dell'esercizio terapeutico da solo. Dunque, si consiglia di somministrare l'esercizio terapeutico come monoterapia come primo intervento per almeno tre mesi prima di considerare qualsiasi terapia aggiuntiva per la tendinopatia Achillea, rotulea e glutea. Sono fornite raccomandazioni per ciascuna tendinopatia, in particolare per la tendinopatia rotulea si consiglia di utilizzare un programma di esercizio con carico progressivo isotonic costituito da contrazioni eccentriche o “moderate/heavy slow resistance” inizialmente, o un programma di esercizio isometrico se le contrazioni isotoniche non

	sono tollerate. Nei casi resistenti alla terapia si possono considerare iniezioni di acido ialuronico o l'utilizzo di gliceriltrinitrato topico. Inoltre, ci sono evidenze di forza moderata nell'affermare che nella pratica clinica la terapia ad onde d'urto (ESWT) sembri non ottenere alcun beneficio aggiuntivo quando utilizzata in aggiunta all'esercizio eccentrico nel dolore o nella VISA-P nella tendinopatia rotulea.
--	--

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	<b>Breda S.J. et al. (2022) "Decreasing patellar tendon stiffness during exercise therapy for patellar tendinopathy is associated with better outcome." [38]</b>
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Atleti (n=76) con tendinopatia rotulea di età compresa tra i 18-35 anni, che praticavano sport con carico sul tendine rotuleo almeno 3 volte a settimana. Sono stati randomizzati in un rapporto 1:1 in un gruppo di esercizi con carico progressivo sul tendine e un gruppo di esercizi eccentrici per 24 settimane. Le misure di outcome sono state misurate con il questionario validato Victorian Institute of Sports Assessment per la tendinopatia rotulea (VISA-P; da 0-100). Entrambe le valutazioni sono state eseguite all'inizio, al follow-up di 12 settimane e al follow-up di 24 settimane.
<b>SCOPO</b>	Di stimare l'associazione tra la stiffness tendinea basale e l'outcome clinico dopo l'esercizio terapeutico in atleti affetti da tendinopatia rotulea, e di misurare il cambiamento della stiffness tendinea e delle misure di outcome cliniche durante un programma di esercizio con carico progressivo sul tendine (PTLE) e un programma di esercizio eccentrico(EET).
<b>RISULTATI</b>	Non è stata trovata alcuna correlazione tra la stiffness tendinea basale e i risultati al VISA-P a 24 settimane (p=0.01). Una ridotta stiffness tendinea è stata associata a migliori outcome clinici a 12 settimane in tutti gli atleti (p=0.02), e sia a 12 che a 24 settimane (p=0.01) negli atleti assegnati al gruppo sottoposto ad un programma di esercizio con carico progressivo sul tendine (PTLE). La stiffness tendinea misurata con la elastografia ad onde di taglio ("Shear-wave elastography") non può essere utilizzata come singolo predittore dell'outcome clinico. Mentre una riduzione della stiffness tendinea durante l'esercizio terapeutico è associata a miglioramenti dell'outcome clinico in atleti in fase di recupero dalla tendinopatia rotulea.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Burton I. (2022) <b>“Interventions for prevention and in-season management of patellar tendinopathy in athletes: A scoping review.”</b> [39]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Scoping Review
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi 29 studi. 5 di questi hanno studiato gli effetti di un programma di prevenzione in atleti a rischio di sviluppo di tendinopatia rotulea, di cui 2 sono RCT, 2 studi di coorte e 1 studio caso-controllo. 24 studi hanno investigato gli effetti di un programma di gestione o riabilitazione in atleti affetti da tendinopatia rotulea, di cui 18 RCT, 3 case-report, 1 studio di coorte, 1 case series e 1 revisione retrospettiva. Di questi 24, 22 hanno utilizzato un intervento basato sull'esercizio terapeutico, 1 ha utilizzato la terapia ad onde d'urto (ESWT) e 1 ha utilizzato il bendaggio e il taping rotuleo. Tutti gli studi includevano una popolazione di atleti appartenenti a diverse categorie (ricreazionale, élite, collegiale, professionista) e a diversi sport (basket, pallavolo, pallamano, calcio), nessuno dei quali è stato sottratto all'attività sportiva durante il trattamento.
<b>SCOPO</b>	Valutare le evidenze presenti in letteratura riguardo al trattamento e alla prevenzione della tendinopatia rotulea in una popolazione di atleti a rischio di sviluppo di tendinopatia rotulea o affetti dalla patologia, durante la stagione sportiva.
<b>RISULTATI</b>	Nonostante la scarsità di studi sugli interventi preventivi per gli atleti con tendinopatia rotulea (PT), l'allenamento di resistenza potrebbe essere un metodo utile alla prevenzione. È stato dimostrato che l'allenamento di resistenza eccentrico, lento e isometrico è fattibile e clinicamente benefico durante la stagione sportiva. Tuttavia, mancano studi che dimostrino che la terapia ad onde d'urto extracorporee (ESWT) offra benefici aggiuntivi rispetto all'allenamento di resistenza negli atleti in competizione. Il bendaggio e il taping rotuleo possono offrire un sollievo temporaneo dal dolore durante l'allenamento e la competizione. Sono necessarie revisioni sistematiche per formulare raccomandazioni definitive per la PT.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Challoumas D. et al. (2021) <b>“Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies.”</b> [10]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi 37 studi randomizzati controllati (RCT), che includono un totale di 1332 pazienti con tendinopatia rotulea (età media = 29,2 anni). Gli studi inclusi hanno indagato 33 tipologie di intervento somministrate da sole o in aggiunta ad altre terapie. I periodi di follow-up più comunemente considerati vanno dalle 12 settimane post-intervento fino ad un massimo di 24-26 settimane. Tutti gli studi tranne 5 hanno incluso come misura di outcome il dolore misurato con una scala numerica da 0-10 o da 0-100 (VAS o NRS), mentre in 30 studi è anche stato utilizzato il questionario di valutazione del dolore e della funzione VISA-P.
<b>SCOPO</b>	Riassumere le evidenze attualmente disponibili riguardanti la gestione della tendinopatia rotulea, effettuando sia una comparazione diretta fra i diversi trattamenti disponibili e sia producendo una classificazione dei trattamenti più efficaci tramite una metanalisi “di rete” (network meta-analysis NMA), comparando i trattamenti in maniera diretta ed indiretta.
<b>RISULTATI</b>	Sono stati individuati come trattamenti promettenti ma con scarse evidenze l’utilizzo delle iniezioni di acido ialuronico o l’utilizzo di gliceriltrinitrato topico, e l’utilizzo dell’esercizio terapeutico tramite contrazioni isometriche e contrazioni isotoniche lente; dunque, sono necessari ulteriori studi randomizzati controllati per verificarne l’efficacia. Nel mentre, l’esercizio terapeutico tramite contrazioni eccentriche con o senza terapie aggiuntive è consigliato come trattamento di prima scelta per tutti gli individui affetti da tendinopatia rotulea.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Ruffino D. et al. (2021) <b>“Inertial flywheel vs heavy slow resistance training among athletes with patellar tendinopathy: A randomised trial.”</b> [40]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT).
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi 42 partecipanti di cui 1 donna e 41 uomini, con tendinopatia rotulea da almeno 3 mesi. I pazienti sono stati suddivisi in trattamento tramite volano inerziale (n=21, inertial flywheel) e allenamento di forza lento e pesante (n=21, Heavy Slow Resistance training). Entrambi i programmi di trattamento prevedevano 3 sedute di allenamento supervisionato a settimana, per un periodo di 12 settimane. Le misure di outcome principali sono il dolore e la funzione misurate tramite il questionario Victorian Institute of Sport Assessment for Patella (VISA-P) somministrato a 6 e 12 settimane. Mentre le misure di outcome secondarie prese in considerazione sono la limitazione dell'attività misurata tramite la Patient Specific Functional Scale (PSFS), lo stato di salute (EuroQoL-5D), l'impressione del paziente sul cambiamento in termini di dolore e funzionalità, l'aderenza al trattamento, gli eventi avversi, il test di provocazione di dolore per il tendine rotuleo (punteggio numerico di dolore tra 0-10), test fisici, spessore del tendine rotuleo e segnale dell'ecodoppler. Gli esiti secondari sono stati misurati a 0 e 12 settimane.
<b>SCOPO</b>	Comparare l'efficacia del trattamento tramite volano inerziale (inertial flywheel) e l'allenamento di forza lento e pesante (Heavy slow resistance training) nel ridurre il dolore e aumentare la funzione in pazienti con tendinopatia rotulea.
<b>RISULTATI</b>	Entrambi i gruppi hanno mostrato un miglioramento significativo nei risultati del questionario VISA-P nel periodo di follow-up tra 0 e 12 settimane., ma non è stata rilevata una differenza statisticamente significativa tra i due gruppi (p=0.506). Non sono stati rilevati eventi avversi o effetti collaterali in nessuno dei due gruppi di trattamento. Dunque, l'allenamento tramite volano inerziale può essere considerato come un'opzione di trattamento alternativa per gli individui con tendinopatia rotulea.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Agergaard A.S. et al. (2021) <b>“Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Randomized Clinical Trial.”</b> [32]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi un totale di 44 partecipanti con tendinopatia rotulea cronica, e sono stati randomizzati in gruppi di trattamento tramite esercizi lenti a carico moderato (moderate slow resistance training, 55% del 1RM) ed esercizi lenti ad alto carico (Heavy slow resistance, 90% del 1RM). Le misure di outcome considerate sono il dolore e la funzione misurate tramite il questionario Victorian Institute of Sport Assessment for Patella (VISA-P), il dolore al tendine rotuleo durante l'attività tramite una scala numerica da 0-10 (NRS), e la valutazione della vascolarizzazione del tendine e del suo gonfiore tramite ultrasuono. Le misurazioni sono state effettuate prima dell'intervento, a 6 e 12 settimane durante il trattamento e a 52 settimane dal periodo iniziale. La funzionalità del tendine (tramite test fisici) e la struttura del tendine (tramite ultrasuono e risonanza magnetica) sono stati analizzati prima e dopo il periodo di trattamento.
<b>SCOPO</b>	Indagare se un'intensità del carico del 90% del 1RM (ripetizione massimale) influenzasse gli effetti di un piano di allenamento di 12 settimane per la tendinopatia rotulea nel breve termine (12 settimane) e nel lungo termine (52 settimane). Si ipotizza che un'intensità di carico maggiore corrispondente al 90% del 1RM ottenga risultati migliori nelle misure di outcome e nella struttura e funzione del tendine rotuleo rispetto ad un'intensità di carico minore corrispondente al 55% del 1RM, quando il volume di allenamento è mantenuto costante tra i due gruppi.
<b>RISULTATI</b>	I gruppi di intervento HSR (Heavy Slow Resistance) e MSR (Moderate Slow Resistance) hanno entrambi portato a miglioramenti clinici significativi nel punteggio VISA-P a 0, 12 e 52 settimane. Sono stati osservati miglioramenti anche nel punteggio NRS per la corsa, nel punteggio NRS per gli squat, nel punteggio NRS per l'attività sportiva preferita, nello squat declinato su una gamba sola e nella soddisfazione del paziente dopo 12 settimane, con tali miglioramenti mantenuti anche dopo 52 settimane. Il gruppo di trattamento tramite HSR non è risultato superiore al gruppo MSR per nessuno degli esiti clinici misurati. Allo stesso modo, non sono state rilevate differenze nelle capacità funzionali (forza e capacità di salto) o strutturali (spessore del tendine).

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Breda S.J. (2021) “Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomise clinical trial.” [36]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	76 pazienti di età compresa tra i 18-35 anni, con diagnosi clinica di tendinopatia rotulea confermata da ultrasuono. La durata media dei sintomi della popolazione presa in considerazione è di 2 anni, e la maggior parte di essi (82%) è già stato sottoposto ad un altro trattamento senza ottenere un recupero completo. I soggetti sono stati suddivisi in due gruppi in rapporto 1:1 per essere sottoposti a un protocollo di allenamento con carico progressivo sul tendine (PTLE, progressive tendon loading exercise) e ad un protocollo di esercizi eccentrici (EET, eccentric exercise therapy). Le misure di outcome primarie sono il dolore, la funzione del ginocchio e l'abilità di praticare lo sport, misurate tramite il questionario di valutazione del Victorian Institute of Sport Assesment per la tendinopatia rotulea (VISA-P) dopo 24 settimane di trattamento. Le misure di outcome secondarie includono il tasso di ritorno allo sport, la soddisfazione soggettiva del paziente e l'aderenza al trattamento.
<b>SCOPO</b>	Comparare l'efficacia di un programma di allenamento con carico progressivo sul tendine (PTLE) con un protocollo di esercizi eccentrici (EET) in pazienti con tendinopatia rotulea.
<b>RISULTATI</b>	Il miglioramento nei valori del questionario VISA-P è stato significativamente maggiore nel gruppo PTLE rispetto al gruppo di controllo EET dopo 24 settimane (28 vs 18 punti, $p=0.023$ ). È stata registrata una tendenza di ritorno allo sport maggiore nel gruppo PTLE (43% vs 27%, $p=0.13$ ). Non è stata rilevata una differenza significativa nella soddisfazione soggettiva del paziente (81% vs 83%, $p=0.54$ ) e nell'aderenza al trattamento (40% vs 49%, $p=0.33$ ) a 24 settimane. Nei pazienti con tendinopatia rotulea, il protocollo PTLE è risultato in un miglioramento significativo degli outcome clinici a 24 settimane rispetto al protocollo EET, dunque si consiglia il PTLE come trattamento conservativo iniziale per la tendinopatia rotulea.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Vang C. et al. (2020) <b>“The Effectiveness of Isometric Contractions Compared With Isotonic Contractions in Reducing Pain For In-Season Athletes With Patellar Tendinopathy.</b> [41]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	È stata effettuata una ricerca per studi di livello di evidenza tre o superiore che comparassero direttamente le contrazioni isometriche con le contrazioni isotoniche nel trattamento della tendinopatia rotulea in atleti durante la stagione sportiva, e che quindi non fossero sottratti dall'attività sportiva. Sono stati inclusi due studi di livello 2 di evidenza ed uno studio di livello 3.
<b>SCOPO</b>	Verificare l'efficacia delle contrazioni isometriche nel ridurre il dolore ed aumentare la funzione in atleti con tendinopatia rotulea durante la stagione sportiva.
<b>RISULTATI</b>	Basandosi sulla letteratura esaminata, i clinici dovrebbero considerare l'utilizzo di esercizi isometrici con carico pesante o esercizi isotonici progressivi con carico pesante, i quali hanno dimostrato una riduzione dei livelli di dolore immediatamente dopo l'intervento e a quattro settimane di follow-up per entrambi i gruppi di intervento. Le contrazioni isometriche sembrano fornire un sollievo dal dolore maggiore immediatamente dopo l'intervento. Forza delle raccomandazioni: C'è un'evidenza di Grado B derivante da 2 trial randomizzati controllati di livello 2 e 1 studio crossover randomizzato di livello 3 che supporta l'uso di contrazioni isometriche e isotoniche per ridurre il dolore al tendine rotuleo negli atleti durante la stagione.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Clifford C. et al. (2020) “Effectiveness of isometric exercise in the management of tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of randomised trials.” [42]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi 10 studi randomizzati controllati sulla tendinopatia rotulea (n=4, 76 partecipanti), della cuffia dei rotatori (n=2, 63 partecipanti), dell'epicondilo laterale di gomito (n=2, 74 partecipanti), Achillea (n=1, 44 partecipanti) e glutea (n=1, 30 partecipanti). Tre dei quali erano di buona qualità e sette di scarsa qualità. Due studi hanno incluso pazienti con tendinopatia acuta (durata dei sintomi ≤12 settimane), sette con tendinopatia cronica (durata dei sintomi >12 settimane) e uno con tendinopatia di cronicità non specificata. La durata del trattamento variava da una singola sessione a 3 mesi e il periodo di follow-up da 45 minuti a 3 mesi. I risultati sono stati suddivisi in immediatamente post-trattamento (tre studi) e a breve termine (≤12 settimane; sette studi). La misura di outcome primaria è il dolore, mentre la disabilità funzionale, il range di movimento (ROM), la forza muscolare, la qualità della vita (QoL), l'integrità strutturale e l'inibizione corticale sono state scelte come misure di outcome secondarie.
<b>SCOPO</b>	Lo scopo di questa revisione sistematica di studi randomizzati controllati è quella di verificare l'efficacia dell'esercizio isometrico in confronto ad altre strategie di trattamento o al non trattamento, nelle tendinopatie.
<b>RISULTATI</b>	L'esercizio isometrico non sembra essere superiore all'esercizio isotonic nella gestione della tendinopatia cronica. L'esercizio isometrico può essere utilizzato come parte di un programma di carico progressivo, poiché potrebbe essere benefico per individui selezionati.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Van Rijn D. et al. (2019) “ <b>Comparison of the Effect of 5 Different Treatment Options for Managing Patellar Tendinopathy: A Secondary Analysis.</b> ” [43]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi un totale di 138 pazienti con diagnosi di tendinopatia rotulea, con dolore durante l’attività fisica e alla palpazione. Sono stati suddivisi in 5 gruppi in base al trattamento ricevuto: terapia con onde d’urto (ESWT, n=31), allenamento eccentrico con aggiunta di terapia ad onde d’urto (n=43), allenamento eccentrico (n=17), allenamento eccentrico con aggiunta di gliceriltrinitrato topico (n=16), trattamento placebo (n=31). La misura di outcome principale è il miglioramento del punteggio al questionario VISA-P (Victorian Institute of Sport Assessment-Patella) di almeno 13 punti dopo 3 mesi di trattamento.
<b>SCOPO</b>	Valutare quale opzione di trattamento offriva la migliore possibilità di miglioramento clinico e valutare l’influenza delle caratteristiche fisiche dei pazienti e la durata della patologia sull’effetto clinico di questi trattamenti.
<b>RISULTATI</b>	52 pazienti (37,7%) hanno riportato un miglioramento clinico dopo 3 mesi di trattamento. Le probabilità di miglioramento (OR, odds ratio) clinico sono state significativamente più alte nel gruppo di allenamento eccentrico (OR 6,68; P=0,009) e nel gruppo trattato con terapia ad onde d’urto in aggiunta all’esercizio eccentrico (OR 5,42; P=0,015) rispetto agli altri gruppi. Un volume di allenamento più alto, una durata più lunga dei sintomi e un’età più avanzata sembrano influenzare negativamente l’esito clinico del trattamento (tendenza verso la significatività). Lo studio conferma l’importanza dell’esercizio terapeutico, in particolare di quello eccentrico. Il ruolo delle ESWT resta incerto.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Pearson S.J. et al. (2020) <b>“Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy.”</b> [44]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	16 uomini con tendinopatia rotulea sono stati randomizzati in breve durata (n=8) (24 serie da 10 sec) e lunga durata (n=8) (6 serie da 40 sec) di contrazione isometrica. Non ci sono differenze tra i due gruppi per i valori iniziali di: caratteristiche demografiche (età, altezza e peso), durata dei sintomi, punteggio al questionario VISA-P, spessore antero-posteriore del tendine rotuleo o l'85% della massima contrazione volontaria (MVC; test t indipendenti, $P>0.05$ ). Tutti i partecipanti sono fisicamente attivi in sport che prevedano sovraccarichi a livello del ginocchio, come il basket o la pallavolo. Inoltre, tutti i partecipanti hanno confermato di essere già stati sottoposti ad un protocollo di trattamento basato sul carico per il dolore al tendine rotuleo per almeno tre mesi. Le misure di outcome prese in considerazione sono: il dolore subito dopo il test provocativo dello squat declinato su gamba singola (SLDS) e salto su gamba singola, il cambiamento del dolore durante le sedute (VAS, 100-mm) e l'adattamento tendineo misurando lo spessore antero-posteriore tramite ultrasuono. Le misurazioni sono state prese immediatamente dopo il trattamento e a quattro settimane.
<b>SCOPO</b>	Esaminare gli effetti immediati ed a breve termine (4 settimane) delle contrazioni isometriche lunghe (40s) e brevi (10s) sul dolore e sull'adattamento tendineo, quando il tempo totale sotto tensione rimane invariato.
<b>RISULTATI</b>	È stata registrata una riduzione del dolore significativa sia nel test provocativo SLDS e sia dopo il salto su gamba singola ( $P>0.01$ ). Il dolore e la funzione del quadricipite sono migliorati nel periodo delle 4 settimane ( $P>0.05$ ). Questo studio ha dimostrato che le contrazioni isometriche di breve durata hanno la stessa efficacia delle contrazioni isometriche di lunga durata nel ridurre il dolore durante la tendinopatia rotulea quando il tempo sotto tensione rimane costante. La tendenza di adattamento tendineo durante il periodo di quattro settimane necessita di ulteriori approfondimenti.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Lim H.Y. et al. (2018) “Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review.” [45]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi 15 studi (3 contrazioni isometriche, 2 HSR, 10 contrazioni eccentriche). La qualità media degli studi inclusi corrisponde all’81,6% (da 70%-93%). Nove studi sono risultati di alta qualità, mentre sei studi di qualità moderata. 9 Studi sono RCT, con livello di evidenza 2, 4 studi sono di livello di evidenza 3 mentre 2 studi sono di livello di evidenza 4 (case series).
<b>SCOPO</b>	Revisionare le evidenze disponibili riguardo agli effetti delle contrazioni isometriche, eccentriche, o agli esercizi “heavy slow resistance” (HSR) sul dolore e sulla funzione degli individui affetti da tendinopatia rotulea (PT).
<b>RISULTATI</b>	Gli esercizi isometrici sembrano essere più efficaci durante le stagioni competitive per un sollievo dal dolore a breve termine, mentre gli esercizi lenti e ad alta resistenza (HSR) o eccentrici sono più adatti per la riduzione del dolore a lungo termine e per il miglioramento della funzione del ginocchio. I risultati degli esercizi isometrici possono essere considerati affidabili per guidare la pratica clinica (Grado A), mentre gli esercizi eccentrici possono essere considerati affidabili nella maggior parte delle situazioni cliniche (Grado B). Si raccomanda che gli esercizi di resistenza lenti ed a carico elevato (HSR) siano applicati con cautela, tenendo conto delle circostanze cliniche individuali (Grado C) e interpretati con attenzione.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Gual G. et al. (2016) <b>“Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy.”</b> [46]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Studio randomizzato controllato (RCT)
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Degli atleti di una popolazione a rischio di sviluppo di tendinopatia rotulea di 8 (4 basket, 4 pallavolo) squadre (38 donne, 43 uomini) sono stati assegnati randomicamente al gruppo di intervento (IG) e ad un gruppo di controllo (CG). Gli atleti hanno mantenuto il volume di allenamento programmato durante la stagione sportiva durante tutto il periodo di 24 settimane, il IG in aggiunta, ha eseguito una sessione di allenamento a settimana di squat con sovraccarico durante la porzione eccentrica dato da un volano inerziale, per 4 serie da 8 colpi. I partecipanti sono stati sottoposti al questionario del Victorian Institute of Sport Assessment per la tendinopatia rotulea (VISA-P), ed ai test di “countermovement jump” (salto con contro movimento), potenza dello squat, sia durante la fase concentrica (Squat-Con) e sia durante la fase eccentrica (Squat-Ecc), ai periodi T1 (prima del trattamento), T2 (durante il trattamento) e T3 (a 24 settimane di intervento).
<b>SCOPO</b>	Studiare l’influenza di una sessione di allenamento a settimana di squat con sovraccarico durante la porzione eccentrica dato da un volano inerziale sulla potenza dell’arto inferiore e sulle complicanze del tendine rotuleo, durante la stagione sportiva.
<b>RISULTATI</b>	Nessun gruppo ha sofferto di tendinopatia rotulea durante il periodo di studio. Il punteggio VISA-P non ha mostrato differenze tra i gruppi in nessun momento di misurazione. I punteggi del countermovement jump (CMJ, salto con contro movimento) sono risultati significativamente diversi ( $p \leq 0.05$ ) tra i gruppi a favore del gruppo di intervento (IG). Anche i punteggi medi di Squat-Con e Squat-Ecc nel gruppo di intervento erano significativamente ( $p < 0.01$ ) più alti rispetto al gruppo di controllo (CG). L'aggiunta di una sessione settimanale di allenamento con sovraccarico nella fase eccentrica dello squat in una routine di allenamento regolare di squadre di basket e pallavolo migliora la potenza muscolare degli arti inferiori senza causare problemi al tendine rotuleo. Studi futuri, utilizzando questo paradigma di esercizio, mirano a esplorare la sua efficacia nella prevenzione o nel trattamento della tendinopatia rotulea in sport che richiedono salti esplosivi frequenti.

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Malliaras P. et al. (2013) <b>“Achilles and patellar tendinopathy loading programmes : a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness.”</b> [29]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Una ricerca approfondita (MEDLINE, EMBASE, CINAHL, Current Contents e SPORTDiscus™) ha identificato 403 studi. Due autori hanno esaminato in modo indipendente gli studi per l'inclusione e la qualità. Il risultato finale ha incluso 32 studi; dieci hanno confrontato programmi di carico e 28 hanno indagato almeno un potenziale meccanismo (6 studi hanno comparato programmi di carico e investigato un potenziale meccanismo di correlazione fra miglioramento dell'imaging e miglioramento dell'outcome clinico).
<b>SCOPO</b>	Gli obiettivi di questa revisione sono valutare le evidenze presenti negli studi che confrontano due o più programmi di carico nella tendinopatia Achillea e rotulea, e rivedere gli esiti non clinici (potenziali meccanismi), come i miglioramenti nelle immagini diagnostiche, associati agli esiti clinici.
<b>RISULTATI</b>	Questa revisione ha evidenziato prove limitate (per il tendine d'Achille) e contrastanti (per il tendine rotuleo) che suggeriscono che i risultati clinici siano superiori con il carico eccentrico rispetto ad altri programmi di carico, mettendo in discussione l'approccio clinico attualmente consolidato per queste lesioni. L'unico meccanismo potenziale costantemente associato a miglioramenti clinici sia nella riabilitazione del tendine d'Achille che del tendine rotuleo è stato il miglioramento delle prestazioni neuromuscolari (coppia di forza, resistenza), con il programma di carico “Silbernagel-combined” (tendine di Achille) e per il programma di carico “Heavy slow resistance” (tendine rotuleo) che hanno dimostrato rispettivamente un livello di evidenza equivalente o superiore rispetto al carico eccentrico isolato. Nel tendine d'Achille, la maggior parte degli studi non ha riscontrato un'associazione tra il miglioramento delle immagini (ad es. riduzione del diametro antero-posteriore, proporzione di tendini con segnale Doppler) e i risultati clinici, inclusi tutti gli studi di alta qualità. Al contrario, il carico HSR nel tendine rotuleo è stato associato a una riduzione dell'area Doppler e del diametro antero-posteriore, nonché a una maggiore evidenza di turnover del collagene, cosa che non è stata osservata dopo il carico eccentrico. Il carico HSR sembra più probabile portare a un adattamento del tendine e merita ulteriori indagini. Il miglioramento delle prestazioni nei salti è stato associato ai risultati clinici del tendine d'Achille, ma non a quelli

	del tendine rotuleo. I meccanismi associati ai benefici clinici possono variare tra gli interventi di carico e i tendini.
--	---

<b>AUTORE, ANNO DI PUBBLICAZIONE, TITOLO</b>	Larsson M.E. et al. (2012) <b>“Treatment of patellar tendinopathy—a systematic review of randomized controlled trials”</b> [47]
<b>TIPO DI STUDIO</b>	Revisione sistematica
<b>CAMPIONE E CARATTERISTICHE E MISURE DI OUTCOME</b>	Sono stati inclusi un totale di 13 studi (612 pazienti totali) randomizzati controllati. Sono stati confrontati gli effetti di un protocollo di esercizio eccentrico con la chirurgia, le infiltrazioni di corticosteroidi, programmi di allenamento ad alto carico, allenamento concentrico ed assenza di trattamento. Sono anche stati inclusi studi che indagavano gli effetti di terapie passive come l’ultrasuono ad onde pulsanti e bassa intensità, la terapia ad onde d’urto e le iniezioni sclerosanti.
<b>SCOPO</b>	Effettuare una revisione sistematica dei trattamenti disponibili per la tendinopatia rotulea e di riassumere e confrontare i loro risultati.
<b>RISULTATI</b>	È stata rilevata una forte evidenza per l’utilizzo dell’esercizio eccentrico nel trattamento della tendinopatia rotulea. Inoltre, come trattamento conservativo alternativo all’esercizio eccentrico, è stata trovata un’evidenza di livello moderato per l’esercizio lento ad alto carico “Heavy slow resistance”. Evidenza di livello moderato suggerisce che l’ultrasuono ad onde pulsanti e bassa intensità non influenzano gli esiti del trattamento. Infine, è stata trovata un’evidenza limitata nel suggerire l’utilizzo della chirurgia, iniezioni sclerosanti e terapia ad onde d’urto.

## 7. DISCUSSIONE

### 7.1 Analisi dei risultati

In questa sezione sono illustrati i risultati della ricerca per ciascuna tipologia di esercizio terapeutico e il numero di studi che è stato successivamente analizzato all'interno della revisione, dopo la rimozione degli RCT inclusi all'interno di altre revisioni sistematiche.

Risultati della ricerca:

- **Esercizio isometrico (ISO):** 11 studi hanno rispettato i criteri di inclusione della ricerca (5 revisioni sistematiche, 5 studi randomizzati controllati e 1 scoping review). Dopo l'esclusione di 4 RCT, 7 studi sono stati inclusi all'interno della revisione.
- **Esercizio eccentrico (ECC):** 19 hanno rispettato i criteri di inclusione della ricerca (5 revisioni sistematiche, 12 studi randomizzati controllati e 1 scoping review). Dopo l'esclusione di 9 RCT, 10 studi sono stati inclusi all'interno della revisione.
- **Esercizio isotonico (HSR, heavy/moderate slow resistance):** 10 hanno rispettato i criteri di inclusione della ricerca (6 revisioni sistematiche, 3 studi randomizzati controllati e 1 scoping review). Dopo l'esclusione di 1 RCT, 9 studi sono stati inclusi nella revisione.
- **Esercizio con carico progressivo sul tendine (PTLE):** È stato oggetto di studio in 2 studi randomizzati controllati.
- **Esercizio terapeutico a scopo preventivo (PREV):** È stato oggetto di studio in 1 scoping review e in 1 studio randomizzato controllato.

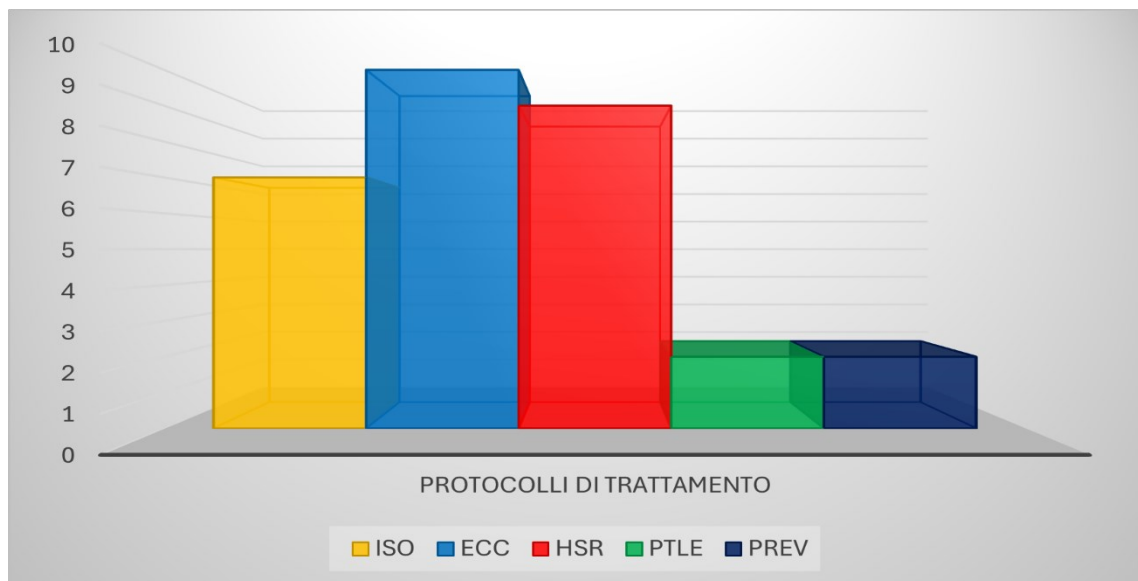
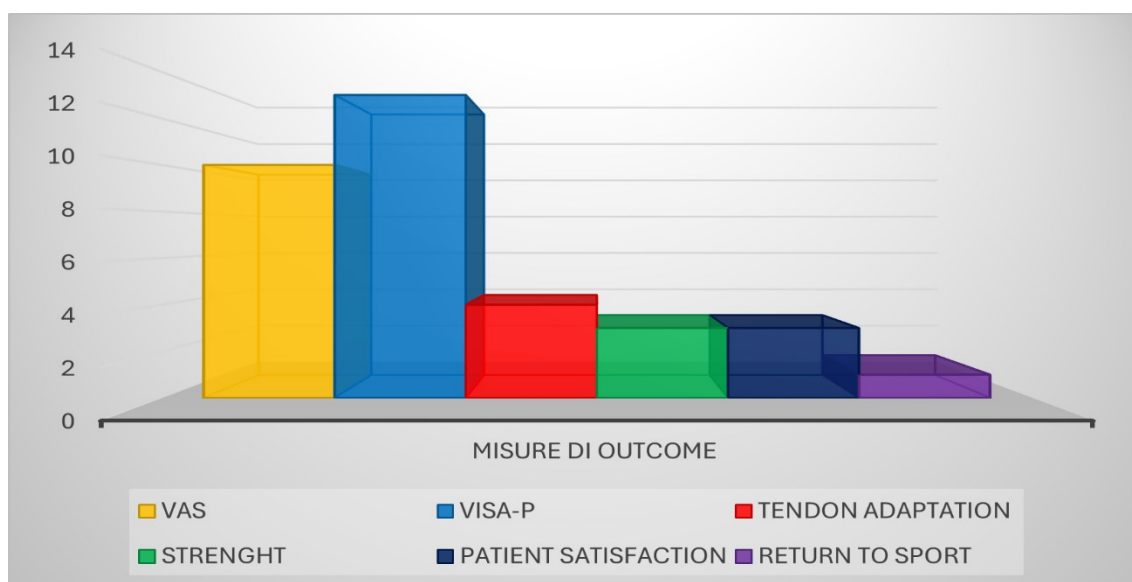


Figura 27 | Grafico che rappresenta il numero di studi inclusi nella revisione per ciascun protocollo di esercizio terapeutico, tra cui l'esercizio isometrico (ISO), esercizio eccentrico (ECC), esercizio isotonico

*ad alto carico ed esecuzione lenta (Heavy Slow Resistance, HSR), esercizio con carico progressivo sul tendine (Progressive Tendon Loading Exercise, PTLE) ed esercizio terapeutico a scopo preventivo (PREV).*

Le misure di outcome utilizzate prevalentemente all'interno degli studi presi in analisi sono:

- VAS = Per misurare il dolore (10 studi).
- VISA-P = Per misurare il dolore e la funzione riportata dal paziente (13 studi).
- TENDON ADAPTATION = Modificazioni strutturali indotte nel tendine (4 studi).
- STRENGTH = Incremento della forza (3 studi).
- PATIENT SATISFACTION = La soddisfazione al trattamento riportata dal paziente (3 studi).
- RETURN TO SPORT = Il tasso di ritorno all'attività sportiva (1 studio).



*Figura 28 | Grafico che rappresenta la frequenza con cui sono state utilizzate le varie misure di outcome, tra cui il dolore (VAS), la funzione e il dolore al ginocchio (VISA-P), modificazioni strutturali del tendine (Tendon Adaptation), la forza (Strength), la soddisfazione al trattamento riportata dal paziente (Patient Satisfaction) e il tasso di ritorno allo sport (Return to Sport).*

La ricerca in letteratura ha portato alla selezione di 15 articoli che studiano gli effetti dell'esercizio terapeutico, applicato nelle sue diverse tipologie, nel recupero della funzione e del dolore nell'atleta con tendinopatia rotulea; di questi studi 7 sono revisioni sistematiche, 7 studi randomizzati controllati e 1 revisione della letteratura. Nei successivi paragrafi sono riportati i risultati della ricerca per le diverse modalità di esercizio terapeutico, tra cui: esercizio isometrico, esercizio eccentrico, esercizio isotonic con carico alto o moderato ed esecuzione lenta (Heavy/Moderate Slow Resistance), esercizio con carico progressivo sul tendine (Progressive Tendon Loading Exercise).

### 7.1.1 Esercizio isometrico

Nelle revisioni sistematiche sono stati inclusi 4 studi randomizzati controllati che hanno confrontato gli effetti dell'esercizio isometrico e dell'esercizio isotonico nella riduzione del dolore in atleti affetti da tendinopatia rotulea. Uno studio di buona qualità metodologica [48] e due studi di scarsa qualità metodologica [30][49] hanno indagato gli effetti nell'immediato di un protocollo di esercizi isometrici. Mentre solo uno studio randomizzato controllato di bassa qualità [50] ne ha indagato gli effetti a breve termine, fino a 12 settimane.

Inoltre, nello studio randomizzato controllato di Pearson S.J. e collaboratori [44] sono stati confrontati gli effetti di due diversi protocolli di carico isometrico (contrazioni di 10 e 40 secondi) nel trattamento della tendinopatia rotulea in atleti non sottratti all'attività sportiva. Gli autori hanno riportato una riduzione immediata del dolore nei test di provocazione (SLDS, squat su una gamba; HOP, salti su una gamba) per entrambi i gruppi, concludendo che, a parità di tempo sotto tensione, entrambe le modalità sono efficaci nel ridurre il dolore al tendine rotuleo. Inoltre, nonostante non sia statisticamente significativa, è stata misurata una riduzione del 22% dello spessore del tendine rotuleo durante il periodo di trattamento di 4 settimane. Questi ritrovamenti possono essere uno spunto di ulteriori indagini in futuro che utilizzino un campione di dimensioni maggiori e un periodo di follow-up più lungo.

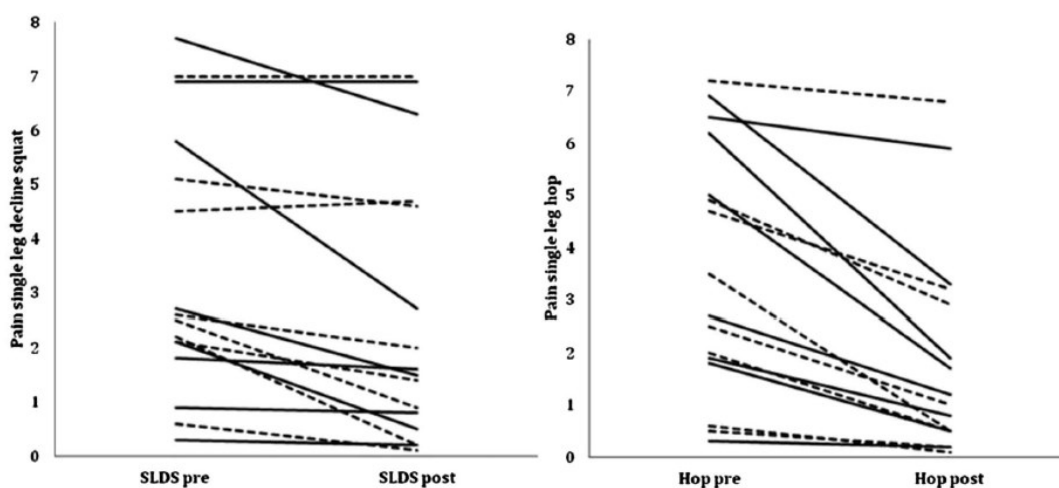
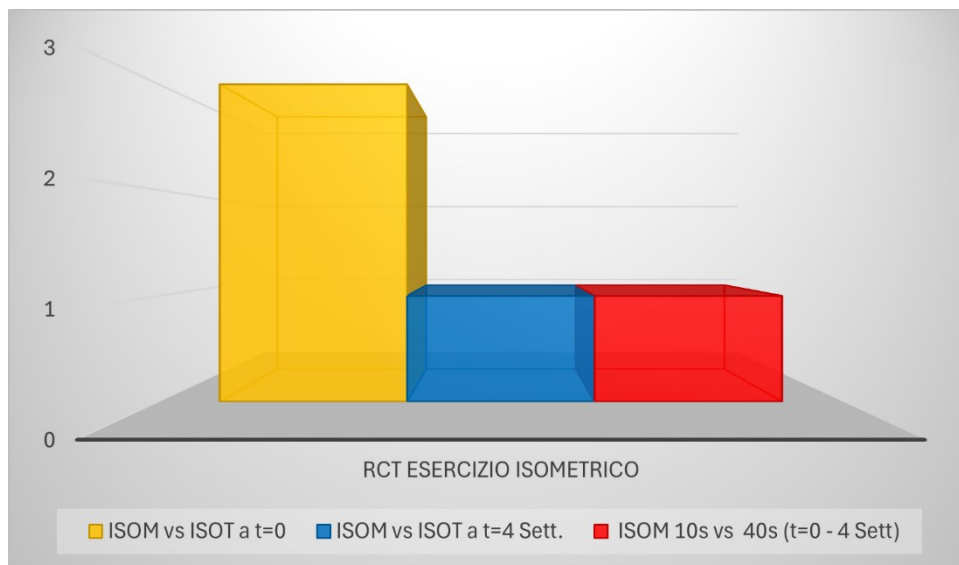


Figura 30 | Effetti di un programma di carico isometrico di breve (10s) e lunga (40s) durata sulla riduzione del dolore (VAS) nei test di squat su una gamba (SLDS) e di salti su una gamba (HOP).<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Immagine tratta da: 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



*Figura 31 | Grafico che rappresenta il numero di RCT presenti in letteratura sull'esercizio isometrico (ISOM) nel trattamento della tendinopatia rotulea. ISOT, esercizio isotonic; "t=0" e "t= 4 Sett" rispettivamente, follow-up subito dopo l'intervento e a 4 settimane; "10s" e "40s"; durata della contrazione isometrica utilizzata nel protocollo.*

Nelle revisioni sistematiche di Challoumas D. [10][37], Vang C. [41] e di Clifford C. [42], gli autori sono concordi nell'affermare che gli esercizi isometrici sembrano avere la stessa efficacia degli esercizi isotonici nella riduzione del dolore subito dopo la somministrazione dell'esercizio ed al follow-up a breve termine di 4 settimane, e che le contrazioni isometriche possano essere uno strumento utile all'interno di un programma di carico progressivo qualora le contrazioni isotoniche ad alto carico non siano tollerate. Inoltre, non sono state evidenziate differenze tra i due protocolli per quanto riguarda gli outcome funzionali misurati tramite il questionario VISA-P. Tuttavia, queste affermazioni sono basate su evidenze di bassa qualità, e gli autori evidenziano la necessità di studi con periodi di follow-up a medio e lungo termine. Solo nella revisione sistematica di Lim H.Y. e collaboratori [45] le contrazioni isometriche sono state consigliate per guidare la pratica clinica con un livello di evidenza di grado A, ma le affermazioni sono concordi con gli autori precedentemente citati.

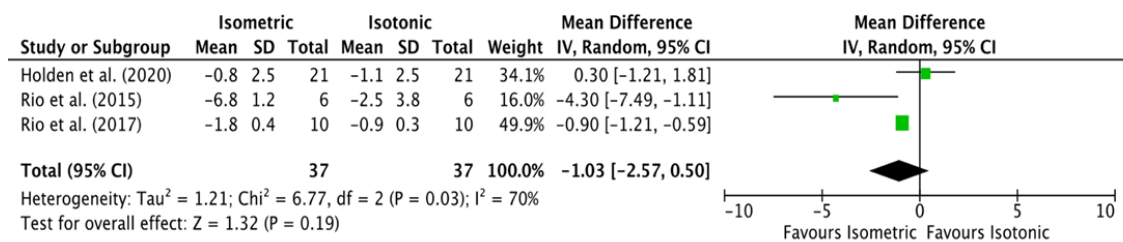


Figura 29 | Risultati della metanalisi condotta da Challoumas e collaboratori con forest plot, sugli effetti immediati dell'esercizio isometrico vs esercizio isotonic nel dolore misurato con la scala VAS. È stata rilevata una differenza di 1 punto in favore dell'esercizio isometrico, senza raggiungere la significatività statistica o clinica.<sup>16</sup>

### 7.1.2 Esercizio eccentrico

Nella letteratura sono presenti diversi studi randomizzati controllati che hanno indagato gli effetti di un programma di allenamento eccentrico nel migliorare il dolore e la funzione del ginocchio in atleti con tendinopatia rotulea. Due studi randomizzati controllati hanno confrontato gli effetti di un programma di esercizi eccentrici con un programma di esercizi concentrici, ottenendo risultati contrastanti [51][52]. Negli anni successivi, in uno studio di Young M. et collaboratori [31] è stata confrontata l'efficacia di due protocolli di esercizi eccentrici nel ridurre il dolore ed aumentare la funzione del ginocchio in atleti con tendinopatia rotulea (squat su pedana declinata di 25° vs squat su un gradino di 10 cm) ottenendo risultati positivi in merito alla funzione riportata dal paziente fino a 12 mesi. Tuttavia, questi risultati non sono stati riconfermati nello studio condotto da Visnes H. e collaboratori [53] in una popolazione di atleti di pallavolo durante la stagione sportiva. Infine, in due studi randomizzati controllati di buona qualità di Frohm A. [54] e Kongsgaard P. [33], il protocollo "standard" di squat su piano declinato di 25° è stato confrontato rispettivamente con un programma di allenamento eccentrico tramite un dispositivo che permetteva di utilizzare un carico di 320kg durante la fase eccentrica di uno squat nel primo studio, e con un protocollo di esercizio ad alto carico ed esecuzione lenta detto "Heavy Slow Resistance" e un programma di infiltrazioni di corticosteroidi nel secondo studio.

Per quanto riguarda la somministrazione di terapie passive in aggiunta ad un protocollo di esercizio eccentrico, tre studi randomizzati controllati che indagavano l'effetto della terapia ad onde d'urto (ESWT) [43][55][56], sono concordi nell'affermare che il trattamento con solo l'esercizio eccentrico ha dimostrato risultati uguali o superiori rispetto al gruppo di controllo. Nello studio di van Rijn D. e collaboratori [43] il gruppo sottoposto ad allenamento eccentrico con o senza l'aggiunta di ESWT ha dimostrato risultati migliori rispetto ai gruppi in trattamento con solo ESWT, esercizio eccentrico e

<sup>16</sup> Immagine tratta da: Challoumas D, Pedret C, Biddle M, Ng NYB, Kirwan P, Cooper B, Nicholas P, Wilson S, Clifford C, Millar NL. Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2021 Nov 29;7(4):e001110. doi: 10.1136/bmjsem-2021-001110. PMID: 34900334; PMCID: PMC8634001.

gliceriltrinitrato topico e trattamento placebo. Mentre, nello studio di Lee W.C. e collaboratori [54] sono stati rilevati dei cambiamenti delle proprietà meccaniche del tendine, cui riduzione della stiffness ed aumento della deformabilità, associabili ad un miglioramento degli outcome clinici. Infine, nello studio randomizzato controllato di López-Royo M.P. e collaboratori [57] l'utilizzo dell'agopuntura (DN, dry needling) e dell'elettrolisi percutanea (PNE, percutaneous needle electrolysis) in aggiunta ad un protocollo di esercizio eccentrico, non ha dimostrato di essere più efficace di un programma di solo esercizio eccentrico (EE) per migliorare la disabilità e il dolore nei pazienti con tendinopatia rotulea a breve (10 settimane) e medio (22 settimane) termine, e il miglioramento degli outcome clinici non erano associati a cambiamenti strutturali nel tendine.

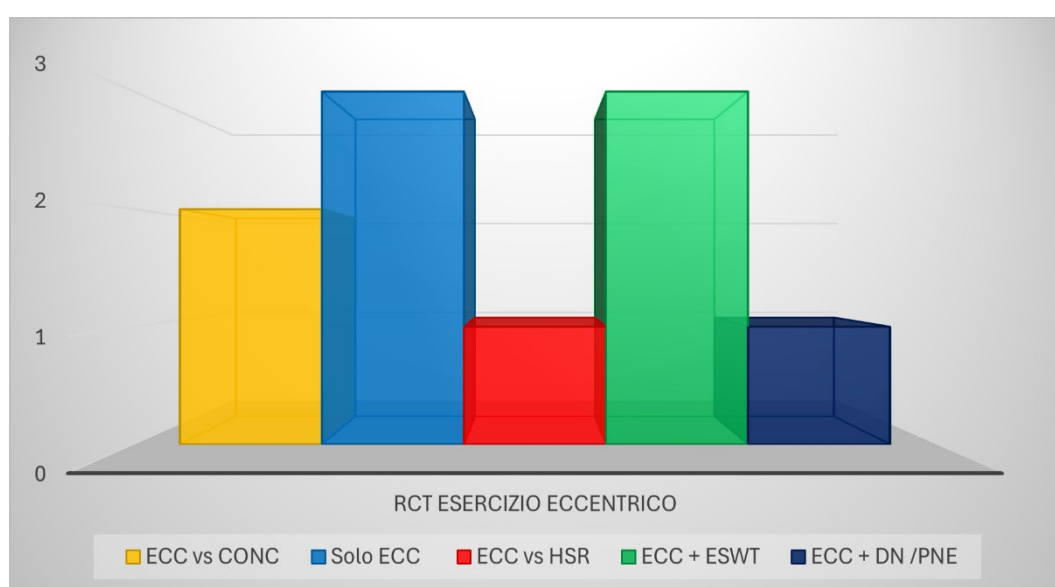


Figura 32 | Grafico che rappresenta il numero di RCT presenti in letteratura sull'esercizio eccentrico (ECC) nel trattamento della tendinopatia rotulea. CONC, esercizio concentrico; HSR, esercizio isotonic "Heavy Slow Resistance"; ESWT, terapia ad onde d'urto; DN, agopuntura "dry needling"; PNE, elettrolisi percutanea "percutaneous needle electrolysis".

Nelle revisioni sistematiche incluse [10][29][37][45][47] gli autori concordano nell'affermare che l'esercizio eccentrico con o senza l'aggiunta di terapie passive, sia uno strumento adatto alla riduzione del dolore e al miglioramento della funzione del ginocchio, tuttavia, nella revisione sistematica di Malliaras P. e collaboratori [29], non è stata trovata un'evidenza sufficiente nel supportare l'utilizzo della sola contrazione eccentrica nel trattamento della tendinopatia rotulea, in quanto è stata rilevata un'evidenza uguale, se non maggiore, per il miglioramento della performance neuromuscolare e dell'imaging in seguito ad esercizi con carico eccentrico-concentrico rispetto al carico eccentrico isolato. Dunque, gli autori ritengono che sia necessario indagare ulteriormente i potenziali meccanismi di azione che intervengono nella modulazione del dolore e dell'adattamento tendineo.

Inoltre, le revisioni sistematiche di Challoumas D. e collaboratori [10][37] sconsigliano l'utilizzo della terapia ESWT nel trattamento della tendinopatia rotulea, sulla base di evidenza di livello moderato [55][56] (figura 33); mentre, sulla base di evidenze livello basso, consigliano l'utilizzo di infiltrazioni di acido ialuronico o di gliceriltrinitrato topico per i casi più resistenti che non hanno dimostrato miglioramenti dopo un periodo di 12 settimane di trattamento conservativo.

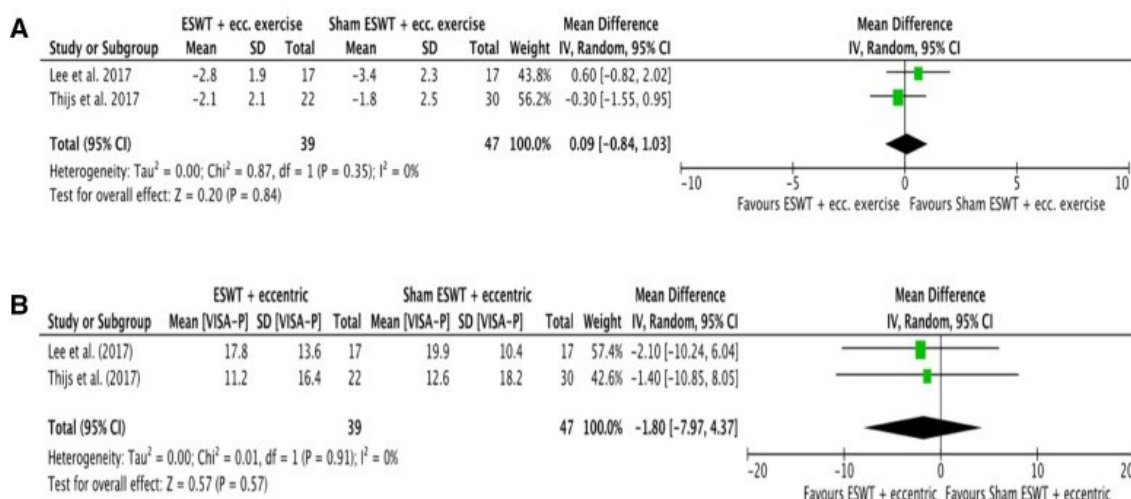


Figura 33 | Risultati della metanalisi condotta da Challoumas e collaboratori con forest plot, sugli effetti a breve termine di un programma di esercizio eccentrico con placebo (controllo) vs esercizio eccentrico con aggiunta di ESWT (intervento) sul dolore misurato con la scala VAS (A) e sulla funzione misurata con il questionario VISA-P (B) nella tendinopatia rotulea. 17

### 7.1.3 Esercizio isotonico o “heavy/moderate slow resistance”

I risultati emersi dallo studio randomizzato controllato di Kongsgaard M. e collaboratori [33] descritto in precedenza, suggeriscono che un programma di allenamento HSR abbia ottenuto gli stessi risultati positivi di un protocollo di esercizi eccentrici eseguiti su piano declinato in quanto a riduzione del dolore e miglioramento della funzione del ginocchio fino al follow-up di sei mesi, cosa che non è accaduta per il gruppo di trattamento tramite infiltrazioni di corticosteroidi, che ha infatti dimostrato miglioramenti solo a breve termine. Tuttavia, nel gruppo di esercizio HSR gli outcome clinici positivi sono stati accompagnati da una riduzione delle anomalie strutturali e da cambiamenti nella composizione della matrice extracellulare del tendine, con un maggiore turnover e sintesi della rete di collagene. Inoltre, il gruppo di HSR ha mostrato una maggiore soddisfazione al trattamento, rispetto al gruppo di esercizio eccentrico e quello in trattamento con infiltrazioni di corticosteroidi. È possibile che i risultati migliori ottenuti tramite l'esercizio HSR siano dovuti alla maggiore intensità di carico e alla minore frequenza di

<sup>17</sup> Immagine tratta da: Challoumas D, Crosbie G, O'Neill S, Pedret C, Millar NL. Effectiveness of Exercise Treatments with or without Adjuncts for Common Lower Limb Tendinopathies: A Living Systematic Review and Network Meta-analysis. Sports Med Open. 2023 Aug 9;9(1):71. doi: 10.1186/s40798-023-00616-1. PMID: 37553459; PMCID: PMC10409676.

allenamento. Infatti, è noto come la sintesi di collagene in risposta all'allenamento dipenda prevalentemente dall'intensità di carico a cui i tenociti sono sottoposti e, per ottenere un bilancio netto positivo di sintesi di collagene, siano necessari dei tempi di riposo adeguati. Complessivamente, sebbene il numero di soggetti inclusi in questo studio sia limitato, gli autori suggeriscono che il carico utilizzato nell'esercizio terapeutico sia di alta intensità e una frequenza di un allenamento ogni terzo giorno.

Nelle revisioni sistematiche prodotte successivamente da Larsson M.E., Malliaras P., e Lim H.Y. [29][45][47] l'esercizio HSR è stato consigliato come alternativa all'esercizio eccentrico nel trattamento della tendinopatia rotulea. Tuttavia, il livello di evidenza di questi risultati è limitato, a causa della scarsità di studi di buona qualità presi in analisi dalle revisioni sistematiche citate. Pertanto, gli autori consigliano di valutare attentamente le condizioni cliniche del paziente e le sue richieste funzionali, prima di somministrare un programma di esercizio HSR.

Nello studio randomizzato controllato di Agergaard A.S. e collaboratori [32] vengono analizzati gli effetti di un programma di allenamento HSR con un programma di allenamento MSR. Il gruppo di esercizio HSR ha iniziato il trattamento con un carico corrispondente al 55% del 1RM fino ad arrivare al 90% del 1RM, mentre il gruppo di esercizio MSR ha iniziato con un carico corrispondente al 55% del 1RM ed ha mantenuto questa percentuale durante tutto il periodo di intervento. Il volume totale di allenamento è stato mantenuto costante fra i due gruppi, ed entrambi hanno eseguito tre sessioni di allenamento alla settimana (in una palestra commerciale), di cui una sotto supervisione. Ogni sessione di allenamento consiste di un esercizio isotonic bilaterale alla "leg press" e un esercizio isotonic unilaterale alla "leg extension", con un range di movimento che va dalla completa estensione fino a 90° di flessione di ginocchio per la "leg press" e, da 100° di flessione fino a 40° di flessione per la "leg extension". Entrambi i gruppi hanno completato una serie di riscaldamento prima di iniziare il protocollo di esercizi, con un riposo di 2-3 minuti tra le serie allenanti. Ogni due settimane è stato eseguito un test sub massimale a 5RM per stimare il valore di 1RM e regolare di conseguenza i carichi di allenamento. Durante gli esercizi è stato concesso un dolore lieve (scala di valutazione numerica del dolore [NRS] inferiore a 5), ma nel caso in cui fosse aumentato dopo la fine della sessione di allenamento, e che non si fosse attenuato entro 3-4 ore, il carico sarebbe stato regolato di conseguenza nella sessione successiva. Ai partecipanti è stato permesso svolgere attività sportive durante le 12 settimane di intervento, a patto che fosse avvertito solo un leggero disagio (NRS inferiore a 3). I partecipanti sono stati incoraggiati a mantenere una partecipazione sportiva uniforme durante il periodo di intervento di 12 settimane. Tutti i partecipanti hanno tenuto un diario di allenamento durante il periodo di intervento utilizzando un'applicazione per smartphone (Injurymap Science; Injurymap). I registri di allenamento includevano l'intensità dell'allenamento (ripetizioni, set e carichi), le sessioni, il dolore durante l'allenamento (NRS) e informazioni sulle deviazioni dal protocollo di intervento pianificato. Alla fine del periodo di intervento di 12 settimane, i partecipanti non hanno ricevuto ulteriori trattamenti ma sono stati incoraggiati a

continuare con l'esercizio terapeutico e a seguire le linee guida relative alla gestione del dolore e alla gestione del carico di allenamento. Entrambi i gruppi di trattamento hanno mostrato buoni risultati nei punteggi del questionario VISA-P, nel test di provocazione del dolore dello squat su piano declinato con una sola gamba (SLDS) e nello spessore del tendine misurato con ultrasuono, fino al periodo di follow-up di un anno, ma senza raggiungere dei valori normali. Questo ha portato gli autori a concludere che non ci sia alcuna differenza statisticamente significativa nell'utilizzare un carico corrispondente al 90% del 1RM rispetto ad un carico del 55% del 1RM, e che il processo di guarigione dalla tendinopatia rotulea possa essere piuttosto lungo. Tuttavia, secondo gli autori rimane ancora ignoto il ruolo di alcune variabili, come la frequenza di allenamento, sui tempi e sulle modalità di recupero.

Nello studio randomizzato controllato di Ruffino D. e collaboratori [40] sono stati comparati gli effetti di un protocollo di esercizi tramite volano inerziale con il protocollo HSR proposto da Kongsgaard e collaboratori nel 2009 [33]. Gli esercizi eseguiti tramite volano inerziale sono stati eseguiti su macchinari personalizzati ai fini da eguagliare i movimenti eseguiti nel programma HSR, ovvero: squat bipodalico, leg press ed estensioni di ginocchio. I partecipanti sono stati istruiti a rispettare lo stesso modello di progressione dei carichi basato sul dolore che è stato descritto in precedenza, affinché non si verifichi un'esacerbazione dei sintomi persistente fino a 24h dopo l'allenamento. La progressione nel gruppo di allenamento con volano inerziale è stata effettuata aumentando la velocità di esecuzione. Non ci sono state differenze statisticamente significative nella riduzione del dolore e nel migliorare la funzione del ginocchio (VISA-P) al follow-up a breve termine di sei e dodici settimane. Inoltre, non sono state misurate differenze statisticamente significative tra i due gruppi nel dolore e la funzione riportate dal paziente, nei test di provocazione del dolore, nell'imaging, nei test di performance fisica (dorsiflessione di caviglia, CMJ, "triple hop test" per misurare la distanza percorsa e la forza) e nel miglioramento globale del dolore e della funzione. Gli autori suggeriscono che la metodica di allenamento con volano inerziale possa essere uno strumento utile nel trattamento della tendinopatia rotulea e che possa essere introdotto anche durante la stagione sportiva per ottenere vantaggi in merito alla condizione fisica ed alla forza, ma non è possibile determinare se i suoi effetti siano comparabili all'esercizio HSR. Dunque, può essere considerata una metodica di esercizio alternativa, ma sono necessari ulteriori studi con follow-up a lungo termine prima di poter fare delle affermazioni certe.

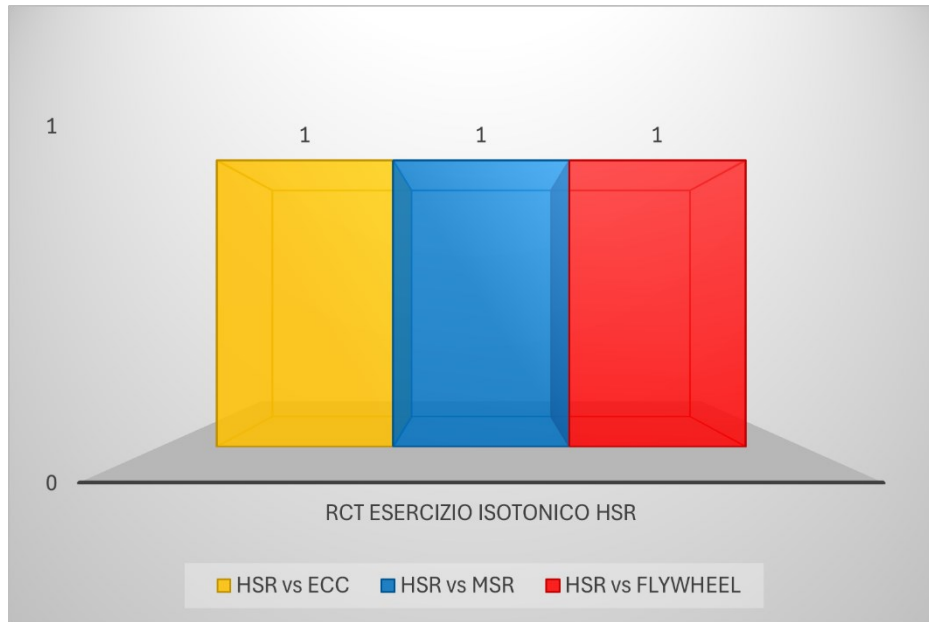


Figura 34 | Grafico che rappresenta il numero di RCT presenti in letteratura sull'esercizio isotonic "Heavy Slow Resistance" (HSR) nel trattamento della tendinopatia rotulea. MSR, "moderate slow resistance" esercizio isotonic con carico moderato (55% del 1RM) ed esecuzione lenta; FLYWHEEL, esercizio con sovraccarico tramite volano inerziale "inertial flywheel".

Infine, nelle revisioni sistematiche di Challoumas D. e collaboratori del 2021 e 2023 [10][37], l'esercizio HSR o MSR è consigliato come alternativa ad un programma di esercizio eccentrico progressivo come trattamento di prima linea per dodici settimane. I risultati ottenuti nella riduzione del dolore a medio e lungo termine sono promettenti, tuttavia, queste affermazioni sono basate su un livello di evidenza limitato. Dunque, gli autori rimarcano la necessità di studi che indaghino gli effetti delle terapie passive più comunemente somministrate in aggiunta all'esercizio terapeutico e di studi che confrontino le varie modalità di esercizio terapeutico utilizzate come monoterapia per poter informare la pratica clinica con certezza.

#### 7.1.4 Esercizio con carico progressivo sul tendine (progressive tendon loading exercise)

Sulla base del protocollo PTLE descritto precedentemente, è stato condotto uno studio randomizzato controllato da Breda S.J. e collaboratori [36], che confronta gli effetti di un programma di esercizi con carico progressivo sul tendine con un programma di esercizio eccentrico nel migliorare il punteggio al questionario VISA-P riguardo al dolore, alla funzione del ginocchio e alla capacità di partecipare all'attività sportiva, in atleti con tendinopatia rotulea. Le misure di outcome secondarie prese in considerazione sono il tasso di ritorno allo sport, la soddisfazione e l'aderenza al trattamento dei pazienti. I pazienti sono stati assegnati casualmente al trattamento tramite esercizi con carico progressivo sul tendine (PTLE) eseguiti entro i limiti del dolore (gruppo di intervento) o

al trattamento tramite esercizi eccentrici (EET) eseguiti con dolore (gruppo di controllo) per un periodo di 24 settimane.

Tutti i pazienti hanno ricevuto consigli e informazioni dettagliate sulla cura del tendine da un medico sportivo. Ciò includeva una spiegazione della condizione, la gestione prevista, l'influenza positiva della terapia di esercizio e gli effetti positivi di un ritorno graduale allo sport. Particolare attenzione è stata data alla relazione tra carico e dolore utilizzando il modello di monitoraggio del dolore. La modifica di tutte le attività atletiche (intensità, durata, frequenza e tipo di carico) è stata consigliata per le attività che provocano un notevole dolore al tendine rotuleo, che dovevano essere significativamente ridotte o addirittura evitate per almeno 4 settimane. I pazienti sono stati incoraggiati a svolgere attività sportive entro i limiti del dolore accettabile (punteggio VAS  $\leq 3$  punti su una scala da 0 a 10).

I pazienti del gruppo di intervento hanno eseguito esercizi isometrici (statici), isotonici (dinamici), di immagazzinamento di energia (pliometrici) e specifici per lo sport quotidianamente, entro i limiti del dolore accettabile. Il carico progressivo è stato somministrato in base alla risposta individuale al dolore (punteggio VAS  $\leq 3$  punti su una scala da 0 a 10).

Il trattamento del gruppo controllo consiste in esercizi eccentrici che provocano dolore (EET), eseguiti due volte al giorno per una durata di 12 settimane (prima fase). Gli esercizi eccentrici sono stati eseguiti su una tavola inclinata con una pendenza di 25°. La fase 1 dell'EET consiste in uno squat su una gamba su un piano declinato, in cui la componente discendente (fase eccentrica) viene eseguita con la gamba sintomatica e la componente ascendente (fase concentrica) principalmente con la gamba controlaterale. I pazienti sono stati istruiti a eseguire gli esercizi con dolore (punteggio VAS  $\geq 5$  punti su una scala da 0 a 10 durante gli esercizi). Nel caso in cui non si provasse dolore durante l'esecuzione degli esercizi, è stato consigliato di aumentare l'intensità dell'esercizio tramite uno zaino zavorrato.

La fase 2 è stata avviata solo nel caso di una completa adesione agli esercizi della fase 1 e dopo aver raggiunto un dolore accettabile durante gli esercizi eccentrici con pesi aggiuntivi (punteggio VAS  $\leq 3$  punti su una scala da 0 a 10, il peso aggiuntivo non è stato specificato). Gli esercizi della fase 2 consistono in esercizi sport specifici, caratteristici del tipo di sport. Come esercizi di mantenimento, sono stati utilizzati gli esercizi della fase 1, per due volte a settimana. Anche nel gruppo di controllo, il periodo minimo di ritorno all'attività sportiva è stato di quattro settimane. Gli autori hanno consigliato di ritornare all'attività sportiva solo se gli individui fossero in grado di eseguire uno squat su una gamba con un dolore accettabile (punteggio VAS  $\leq 3$  punti su una scala da 0 a 10).



Figura 36 | Immagine che rappresenta il protocollo seguito dal gruppo di intervento (PTLE) e dal gruppo di controllo (EET). PTLE, esercizio con carico progressivo sul tendine “progressive tendon loading exercise”; EET, terapia con esercizio eccentrico “eccentric exercise therapy”.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Immagine tratta da: 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

Il miglioramento nei valori del questionario VISA-P è stato significativamente maggiore nel gruppo PTLE rispetto al gruppo di controllo EET dopo 24 settimane (28 vs 18 punti,  $p=0.023$ ). Inoltre, è stata registrata una maggiore tendenza di ritorno allo sport nel gruppo PTLE (43% vs 27%,  $p=0.13$ ) rispetto al gruppo EET e un valore significativamente inferiore del punteggio del dolore durante gli esercizi riabilitativi (VAS 2vs4). Non è stata rilevata una differenza significativa nella soddisfazione soggettiva del paziente (81% vs 83%,  $p=0.54$ ) e nell'aderenza al trattamento (40% vs 49%,  $p=0.33$ ) a 24 settimane. Tuttavia, la percentuale di pazienti "eccellentemente" soddisfatti è stata significativamente maggiore nel gruppo PTLE (38% vs 10%).

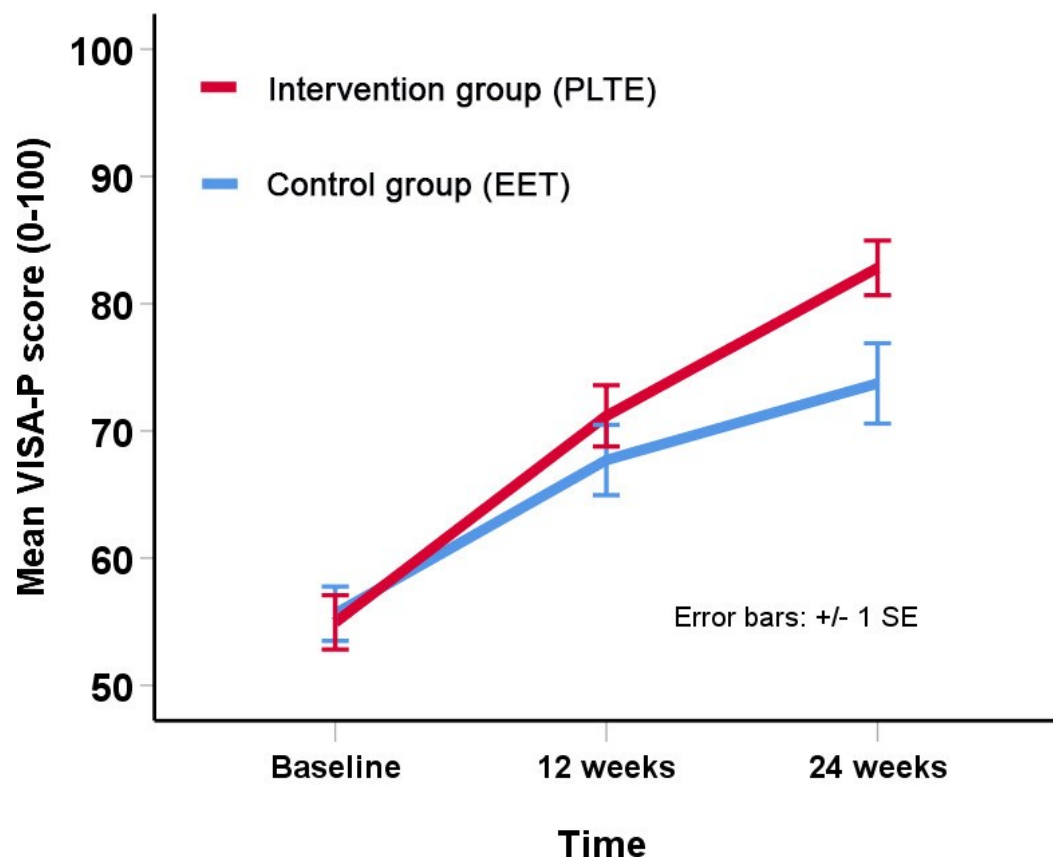


Figura 37 | Grafico che mostra l'andamento del punteggio al questionario VISA-P nel gruppo di intervento (PTLE) e nel gruppo di controllo (EET), il quale ha raggiunto una differenza statisticamente significativa al follow-up di 24 settimane.<sup>19</sup>

randomised clinical trial. Br J Sports Med. 2021 May;55(9):501-509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33219115; PMCID: PMC8070614.

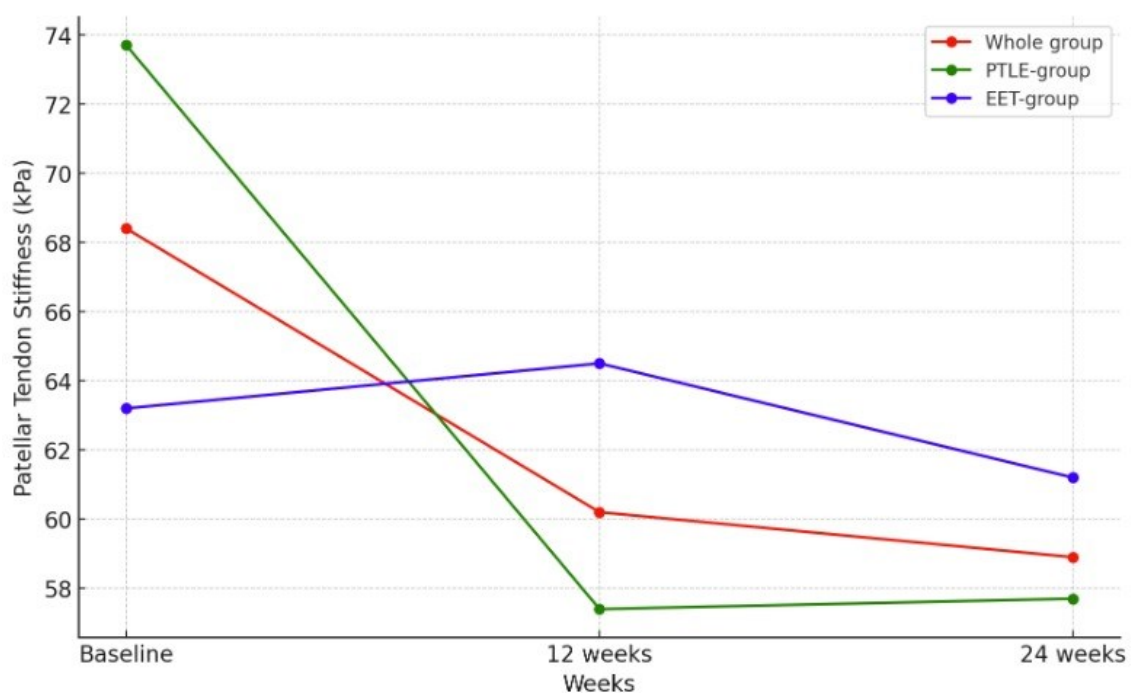
<sup>19</sup> Immagine tratta da: Breda SJ, Oei EHG, Zwerver J, Visser E, Waarsing E, Krestin GP, de Vos RJ. Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. Br J Sports Med. 2021 May;55(9):501-509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33219115; PMCID: PMC8070614.

Gli autori suppongono che il risultato migliore nel gruppo di intervento sia dovuto all'implementazione di esercizi isometrici per la riduzione del dolore e all'implemento di esercizi di accumulo e rilascio di energia prima di ricominciare l'attività sportiva. D'altra parte, gli autori riconoscono che nonostante sia stato raggiunto un risultato migliore nel gruppo PTLE, il tasso di ritorno alle attività prima dell'infortunio è comunque inferiore al 50%. Inoltre, nonostante la maggiore tendenza di tasso di ritorno allo sport nel gruppo PTLE, la differenza non è statisticamente significativa tra i due gruppi. Mentre, il numero di pazienti che hanno raggiunto la minima differenza clinicamente rilevante (MCID) dopo 12 settimane (49% vs 55%) e dopo 24 settimane (87% vs 77%) nel questionario VISA-P non ha raggiunto una differenza statisticamente significativa. Questo indica che c'è spazio per il miglioramento del protocollo PTLE, per esempio, con l'aggiunta di un fisioterapista sportivo in grado di supervisionare tutte le sessioni di allenamento.

Questo studio enfatizza l'importanza dell'esercizio terapeutico nel trattamento conservativo della tendinopatia rotulea. Nonostante la cronicità dei sintomi nei pazienti inclusi in questo studio, l'alto numero di pazienti con sintomi bilaterali da tendinopatia rotulea (42%) e il fallimento del trattamento conservativo prima dell'inizio dello studio (82%), i pazienti in entrambi i gruppi di trattamento hanno dimostrato un miglioramento del dolore, della funzionalità e della capacità di praticare sport. La maggior parte dei pazienti ha raggiunto la MCID (differenza minima clinicamente importante) o risultati migliori dopo 24 settimane, nonostante una limitata aderenza ai programmi di esercizio (40% per PTLE e 49% per EET). Nei pazienti con tendinopatia rotulea, il protocollo PTLE è risultato in un miglioramento significativo degli outcome clinici a 24 settimane rispetto al protocollo EET; dunque, si consiglia il PTLE come trattamento conservativo iniziale per la tendinopatia rotulea.

In uno studio randomizzato controllato successivo Breda S.J. e collaboratori [38], utilizzando lo stesso campione dello studio precedentemente analizzato, hanno indagato gli effetti di un programma di esercizio terapeutico (PTLE vs EET) sulle proprietà meccaniche del tendine (stiffness, misurata con elastografia ad onde di taglio), e come queste proprietà possano influenzare o permettere di fare una previsione sugli outcome clinici (VISA-P). Non sono stati trovati dei valori di stiffness tendinea che permettessero di fare previsioni degli outcome clinici a 24 settimane, in atleti con tendinopatia rotulea. I livelli di stiffness del tendine rotuleo sono diminuiti significativamente negli atleti che hanno seguito un protocollo PTLE, ma non in quelli del gruppo EET. Una ridotta stiffness tendinea è stata associata a miglioramenti degli outcome clinici in entrambi i gruppi a 12 settimane di trattamento, mentre è stata trovata un'associazione anche a 24 settimane di trattamento solo per gli atleti nel gruppo PTLE. Il fatto che questa associazione a 24 settimane si sia verificata solo nel gruppo PTLE, nonostante entrambi i gruppi abbiano ottenuto un miglioramento degli outcome clinici, fa presupporre che non ci sia alcuna relazione di causa diretta tra la stiffness tendinea e gli outcome clinici. Al momento non è possibile spiegare dal punto di vista fisiopatologico il motivo per cui si sia verificata una riduzione della stiffness tendinea solo nel gruppo PTLE e non in quello EET. Una

possibile spiegazione avanzata dagli autori è quella di attribuire alle diverse modalità di esercizio utilizzate nel protocollo PTLE una diversa risposta da parte delle proprietà elastiche del tendine rotuleo. Tuttavia, nella letteratura sono presenti risultati contrastanti inerenti agli adattamenti delle proprietà biomeccaniche del tendine in risposta all'esercizio terapeutico, e per il momento sembra non essere possibile affermare in che modo queste intervengano nella gestione della patologia. Dunque, gli autori hanno concluso che la stiffness tendinea misurata con la elastografia ad onde di taglio (“Shear-wave elastography”) non può essere utilizzata come singolo predittore dell'outcome clinico. Mentre una riduzione della stiffness tendinea durante l'esercizio terapeutico è associata a miglioramenti dell'outcome clinico in atleti in fase di recupero dalla tendinopatia rotulea.



**Table 2**  
Adjusted and unadjusted comparisons of the change in patellar tendon stiffness from baseline to 12 and 24 weeks.

	Patellar tendon stiffness (kPa) [IQR] (raw data)	Unadjusted change from baseline to 24 weeks [IQR]	Estimated mean (95% CI) <sup>a</sup>	Adjusted within-group difference (from baseline)
<i>Whole group analysis (N = 76)</i>				
Baseline	74.9 [56.4 to 105.4]		68.4 (60.2 to 76.6)	
12 weeks	69.7 [50.2 to 91.8]	-2.4 [-12.9 to 10.1]	60.2 (51.5 to 69.0)	-8.1 (-14.5 to -1.9)
24 weeks	68.0 [48.7 to 94.1]	-11.0 [-28.7 to 8.3]	58.9 (51.4 to 66.3)	-9.5 (-15.2 to -3.8)
<i>PTLE-group (N = 38)</i>				
Baseline	86.4 [57.9 to 115.1]		73.7 (62.2 to 85.2)	
12 weeks	69.2 [50.0 to 91.0]	-3.7 [-42.8 to 6.3]	57.4 (46.9 to 67.8)	-16.3 (-25.8 to -6.8)
24 weeks	66.3 [48.8 to 97.5]	-15.7 [-30.5 to 0.7]	57.7 (48.6 to 66.7)	-16.0 (-23.0 to -9.1)
<i>EET-group (N = 38)</i>				
Baseline	70.0 [50.9 to 96.7]		63.2 (55.1 to 71.2)	
12 weeks	72.4 [52.3 to 98.7]	2.0 [-7.4 to 14.6]	64.5 (54.6 to 74.4)	1.3 (-5.6 to 8.2)
24 weeks	69.1 [46.9 to 92.7]	-1.9 [-13.5 to 12.3]	61.2 (51.3 to 71.2)	-1.9 (-10.8 to 6.9)

*Figura 38 | Grafico che mostra l'andamento della stiffness del tendine rotuleo durante il periodo di trattamento (dalla baseline fino a 24 settimane) per il totale dei partecipanti (Whole group), per il gruppo di intervento (PTLE-group) e per il gruppo di controllo (EET-group).*

### **7.1.5 Prevenzione e gestione della tendinopatia rotulea durante la stagione sportiva**

Nonostante l'alta incidenza della patologia all'interno della popolazione fisicamente attiva e dell'alta durata della patologia, che può portare alla cessazione dell'attività sportiva, al momento in letteratura non sono presenti molti studi inerenti ai trattamenti profilattici nei confronti della tendinopatia rotulea. Infatti, nella scoping review condotta da Burton I. [39], in cui sono state cercate tutte le evidenze a supporto degli interventi di prevenzione e di gestione della tendinopatia rotulea durante la stagione sportiva, sono emersi solo quattro studi a supporto di un programma di esercizio fisico per ridurre l'incidenza della tendinopatia rotulea [46][58][59][60]. Inoltre, solo uno di questi è uno studio randomizzato controllato (RCT) [46]. In questo studio gli atleti hanno mantenuto il volume di allenamento programmato durante la stagione sportiva durante tutto il periodo di 24 settimane, ed il gruppo di intervento, in aggiunta, ha eseguito una sessione di allenamento a settimana di squat con sovraccarico durante la porzione eccentrica dato da un volano inerziale, per 4 serie da 8 colpi. I partecipanti sono stati sottoposti al questionario del Victorian Institute of Sport Assessment per la tendinopatia rotulea (VISA-P), ed ai test di "counter-movement jump" (CMJ, salto con contro movimento), potenza dello squat, sia durante la fase concentrica (Squat-Con) e sia durante la fase eccentrica (Squat-Ecc), ai periodi T1 (prima del trattamento), T2 (durante il trattamento) e T3 (a 24 settimane di intervento). Nessun atleta ha sviluppato tendinopatia rotulea durante il periodo di studio. Non sono state rilevate differenze nei punteggi VISA-P tra i gruppi in nessuno dei momenti di misurazione. I punteggi del CMJ hanno mostrato differenze significative ( $p \leq 0.05$ ) a favore del gruppo di intervento. Anche i punteggi medi degli squat concentrici (Squat-Con) ed eccentrici (Squat-Ecc) nel gruppo di intervento erano significativamente più alti ( $p < 0.01$ ) rispetto al gruppo di controllo. Dunque, l'inserimento di una sessione settimanale di allenamento con sovraccarico nella fase eccentrica dello squat tramite volano inerziale in una routine di allenamento per squadre di basket e pallavolo migliora la forza muscolare degli arti inferiori senza causare problemi al tendine rotuleo. Ovviamente, sono necessari ulteriori studi randomizzati controllati di qualità affinché sia possibile confermare l'effetto profilattico dell'esercizio terapeutico.

Inoltre, un ulteriore risultato messo in evidenza dalla revisione precedentemente citata è che, la pratica di sospendere gli atleti dall'allenamento e dalla competizione durante la riabilitazione potrebbe non essere giustificata, se non addirittura controproducente. Infatti, su 24 studi analizzati che utilizzavano interventi di gestione in-season, 22 hanno adottato un approccio basato sull'esercizio, e nonostante la varietà di esercizi e parametri utilizzati negli studi, tutti gli interventi basati sull'esercizio hanno portato a miglioramenti clinici nella tendinopatia rotulea negli atleti. In particolare, l'esercizio eccentrico [31][51][53][55][56][61][62], l'esercizio HSR [32][33][40][63], l'esercizio isometrico [30][48][49][50][64], l'esercizio isotonic [65][66], l'esercizio con volano inerziale [40][67], l'esercizio con restrizione del flusso sanguigno (BFRT, "bloodflow restriction

training”) [68] si sono rivelate tutte alternative fattibili ed efficaci di trattamento per la gestione della tendinopatia rotulea negli atleti durante la stagione sportiva.

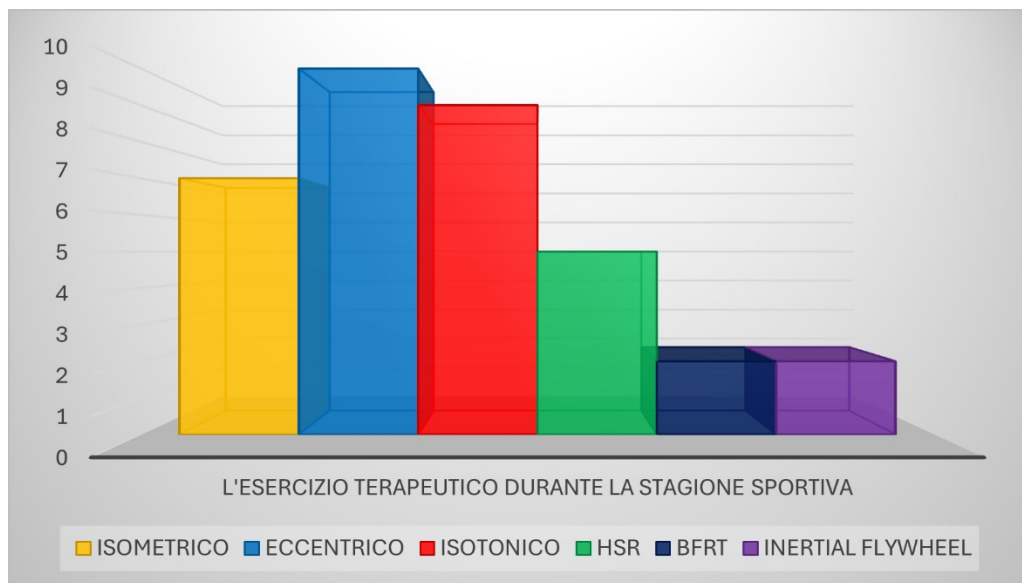


Figura 39 | Grafico che mostra i risultati della ricerca della scoping review di Burton I. per le diverse modalità di esercizio terapeutico utilizzate per la gestione della tendinopatia rotulea negli atleti durante la stagione sportiva. HSR, “Heavy Slow Resistance”; BFRT, “Bloodflow restriction training”; INERTIAL FLYWHEEL, esercizio tramite volano inerziale.

Infine, l’autore evidenzia come nessuno studio abbia posto l’educazione del paziente come focus primario o secondario dell’intervento, nonostante essa sia comunemente raccomandata nella riabilitazione per le tendinopatie [69][70].

## 7.2 Limiti degli studi

Tutti gli autori degli studi inclusi in questa revisione concordano sull’affermare che all’interno della letteratura sia presente una grande eterogeneità dei protocolli di trattamento studiati e dei campioni presi in considerazione. Inoltre, viene messo in evidenza come ci sia una mancanza di standardizzazione del livello della patologia tendinea sia a livello strutturale, attraverso indagini strumentali come l’ultrasuono o l’MRI, e sia a livello cronologico, dove deve essere specificata la durata dei sintomi correlati alla tendinopatia rotulea. Un altro limite riportato dagli autori, che non permette di fare delle affermazioni definitive su quale trattamento sia il “gold standard” per la tendinopatia rotulea, è l’assenza di studi di alta qualità che metta a confronto i vari protocolli di esercizio terapeutico applicati singolarmente. Lo stesso concetto può essere esteso alle terapie passive somministrate come aggiunta all’esercizio terapeutico, che fino ad ora sono sempre state applicate in aggiunta ad un protocollo di esercizio eccentrico. Infine, viene rimarcata la necessità di standardizzare i parametri relativi alla somministrazione dell’esercizio terapeutico, come la frequenza, l’intensità, il tempo sotto tensione e il volume di allenamento totale, ed i criteri da utilizzare per la progressione del carico, che ad oggi sono basati prevalentemente sul dolore in risposta all’esercizio

terapeutico sul modello del “Pain Monitoring Model” (PMM) proposto da Silbernagel e collaboratori [71].

## **8. CONCLUSIONI**

I risultati ottenuti da questa revisione della letteratura riconfermano l'importanza dell'esercizio terapeutico nel recupero funzionale dell'atleta con tendinopatia rotulea, e suggeriscono che sia necessario concentrarsi sullo sviluppare una maggiore capacità di carico nel tendine tramite la modulazione dell'intensità dei carichi a cui il tendine è sottoposto, affinché l'atleta possa tornare ad eseguire le attività specifiche per il suo sport di riferimento. Il trattamento può consistere di un programma di esercizi eccentrici o isotonicici con carico progressivo, e qualora questi non siano tollerati in una fase iniziale di alta irritabilità, si può ricorrere all'utilizzo delle contrazioni isometriche. Infine, sulla base di evidenze moderate, si sconsiglia l'utilizzo della terapia ad onde d'urto (ESWT) in aggiunta all'esercizio terapeutico.

## BIBLIOGRAFIA

1. Blazina ME, Kerlan RK, Jobe FW, Carter VS, Carlson GJ. Jumper's knee. *Orthop Clin North Am.* 1973 Jul;4(3):665-78. PMID: 4783891.
2. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2009;43(6):409–416. doi:10.1136/bjsm.2008.051193
3. Cook JL, Rio E, Purdam CR, Docking SI. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? *Br J Sports Med.* 2016;50(19):1187–1191. doi:10.1136/bjsports-2015-095422
4. Lian, Ø., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2005). Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 561-567.
5. Zwerver, J., Bredeweg, S. W., & van den Akker-Scheek, I. (2011). Prevalence of jumper's knee among nonelite athletes from different sports: a cross-sectional survey. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(9), 1984-1988.
6. Cook JL. A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. *Br J Sports Med.* 1997;31(4):332–336. doi:10.1136/bjsm.31.4.332
7. Kettunen JA, Kvist M, Alanen E, Kujala UM. Long-term prognosis for jumper's knee in male athletes: a prospective follow-up study. *Am J Sports Med.* 2002;30(5):689–692. doi:10.1177/03635465020300051001
8. 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. doi: 10.2519/jospt.2015.5880. Epub 2015 Sep 21. PMID: 26390270.
9. Nutarelli S, da Lodi CMT, Cook JL, Deabate L, Filardo G. Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Athletes and the General Population: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthop J Sports Med.* 2023 Jun 5;11(6):23259671231173659. doi: 10.1177/23259671231173659. PMID: 37347023; PMCID: PMC10280536.
10. Challoumas D, Pedret C, Biddle M, Ng NYB, Kirwan P, Cooper B, Nicholas P, Wilson S, Clifford C, Millar NL. Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2021 Nov 29;7(4): e001110. doi: 10.1136/bmjsem-2021-001110. PMID: 34900334; PMCID: PMC8634001.

11. Sprague, A.L.; Smith, A.H.; Knox, P.; Pohlig, R.T.; Silbernagel, K.G. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2018, 52, 1575–1585.
12. Tayfur, A.; Haque, A.; Salles, J.I.; Malliaras, P.; Screen, H.; Morrissey, D. Are Landing Patterns in Jumping Athletes Associated with Patellar Tendinopathy? A Systematic Review with Evidence Gap Map and Meta-analysis. *Sports Med.* 2022, 52, 123–137.
13. De Bleecker, C.; Vermeulen, S.; De Blaiser, C.; Willems, T.; De Ridder, R.; Roosen, P. Relationship Between Jump-Landing Kinematics and Lower Extremity Overuse Injuries in Physically Active Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2020, 50, 1515–1532.
14. Llombart R, Mariscal G, Barrios C, Llombart-Ais R. The Best Current Research on Patellar Tendinopathy: A Review of Published Meta-Analyses. *Sports (Basel)*. 2024 Feb 1;12(2):46. doi: 10.3390/sports12020046. PMID: 38393266; PMCID: PMC10893258.
15. Ricupito R., Miraglia N., Torneri P., Campardo G., Diprè S., Barbari V., Turone L., Ramponi N. (2022), “Tendinopatie dell’Arto Inferiore. Guida alla valutazione, riabilitazione ed esercizio terapeutico con un approccio basato sulle evidenze scientifiche.”, Fisioscience, Verona.
16. James, R., Kesturu, G., Balian, G., & Chhabra, A. B. (2008). Tendon: biology, biomechanics, repair, growth factors, and evolving treatment options. *Journal of Hand Surgery*, 33(1), 102-112.
17. Millar, N. L., Murrell, G. A., & McInnes, I. B. (2017). Inflammatory mechanisms in tendinopathy: informing new approaches to treatment. *British Journal of Sports Medicine*, 51(10), 1125-1130.
18. Sharma P, Maffulli N. Biology of tendon injury: healing, modeling and remodeling. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2006 Apr-Jun;6(2):181-90. PMID: 16849830.
19. Wang JH, Guo Q, Li B. Tendon biomechanics and mechanobiology--a minireview of basic concepts and recent advancements. *J Hand Ther.* 2012 Apr-Jun;25(2):133-40; quiz 141. doi: 10.1016/j.jht.2011.07.004. Epub 2011 Sep 17. PMID: 21925835; PMCID: PMC3244520.
20. Nourissat G, Berenbaum F, Duprez D. Tendon injury: from biology to tendon repair. *Nat Rev Rheumatol.* 2015 Apr;11(4):223-33. doi: 10.1038/nrrheum.2015.26. Epub 2015 Mar 3. PMID: 25734975.
21. Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiol Rev.* 2004 Apr;84(2):649-98. doi: 10.1152/physrev.00031.2003. PMID: 15044685.

22. Heinemeier KM, Olesen JL, Haddad F, Langberg H, Kjaer M, Baldwin KM, Schjerling P. Expression of collagen and related growth factors in rat tendon and skeletal muscle in response to specific contraction types. *J Physiol*. 2007 Aug 1;582(Pt 3):1303-16. doi: 10.1113/jphysiol.2007.127639. Epub 2007 May 31. PMID: 17540706; PMCID: PMC2075262.
23. Crossland H, Brook MS, Quinlan JI, Franchi MV, Phillips BE, Wilkinson DJ, Maganaris CN, Greenhaff PL, Szewczyk NJ, Smith K, Narici MV, Atherton PJ. Metabolic and molecular responses of human patellar tendon to concentric- and eccentric-type exercise in youth and older age. *Geroscience*. 2023 Feb;45(1):331-344. doi: 10.1007/s11357-022-00636-x. Epub 2022 Aug 11. PMID: 35948859; PMCID: PMC9886711.
24. Magnusson SP, Langberg H, Kjaer M. The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nat Rev Rheumatol*. 2010 May;6(5):262-8. doi: 10.1038/nrrheum.2010.43. Epub 2010 Mar 23. PMID: 20308995.
25. Abate M, Silbernagel KG, 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. doi: 10.1186/ar2723. Epub 2009 Jun 30. PMID: 19591655; PMCID: PMC2714139.
26. Kubo K, Kawakami Y, Fukunaga T. Influence of elastic properties of tendon structures on jump performance in humans. *J Appl Physiol* (1985). 1999 Dec;87(6):2090-6. doi: 10.1152/jappl.1999.87.6.2090. PMID: 10601154.
27. Cardoso TB, Pizzari T, Kinsella R, Hope D, Cook JL. Current trends in tendinopathy management. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb;33(1):122-140. doi: 10.1016/j.berh.2019.02.001. Epub 2019 Mar 8. PMID: 31431267.
28. Docking SI, Cook J. How do tendons adapt? Going beyond tissue responses to understand positive adaptation and pathology development: A narrative review. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2019 Sep 1;19(3):300-310. PMID: 31475937; PMCID: PMC6737558.
29. 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. doi: 10.1007/s40279-013-0019-z. PMID: 23494258.
30. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, Cook J. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2015 Oct;49(19):1277-83. doi: 10.1136/bjsports-2014-094386. Epub 2015 May 15. PMID: 25979840.

31. Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *Br J Sports Med.* 2005 Feb;39(2):102-5. doi: 10.1136/bjsm.2003.010587. Erratum in: *Br J Sports Med.* 2005 Apr;39(4):246. PMID: 15665207; PMCID: PMC1725109.
32. Agergaard AS, Svensson RB, Malmgaard-Clausen NM, Couppé C, Hjortshøj 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):982-993. doi: 10.1177/0363546520988741. Epub 2021 Feb 22. PMID: 33616456.
33. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, Kaldau NC, Kjaer M, Magnusson SP. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports.* 2009 Dec;19(6):790-802. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00949.x. Epub 2009 May 28. PMID: 19793213.
34. Alfons Mascaró, Miquel Àngel Cos, Antoni Morral, Andreu Roig, Craig Purdam, Jill Cook, Load management in tendinopathy: Clinical progression for Achilles and patellar tendinopathy, *Apunts. Medicina de l'Esport*, Volume 53, Issue 197, 2018, Pages 19-27, ISSN 1886-6581, <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2017.11.005>
35. 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. doi: 10.2519/jospt.2015.5987. Epub 2015 Sep 21. PMID: 26390269.
36. 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):501-509. doi: 10.1136/bjsports-2020-103403. Epub 2020 Nov 20. PMID: 33219115; PMCID: PMC8070614.
37. Challoumas D, Crosbie G, O'Neill S, Pedret C, Millar NL. Effectiveness of Exercise Treatments with or without Adjuncts for Common Lower Limb Tendinopathies: A Living Systematic Review and Network Meta-analysis. *Sports Med Open.* 2023 Aug 9;9(1):71. doi: 10.1186/s40798-023-00616-1. PMID: 37553459; PMCID: PMC10409676.
38. Breda SJ, de Vos RJ, Krestin GP, Oei EHG. Decreasing patellar tendon stiffness during exercise therapy for patellar tendinopathy is associated with better outcome. *J Sci Med Sport.* 2022 May;25(5):372-378. doi: 10.1016/j.jsams.2022.01.002. Epub 2022 Jan 13. PMID: 35094931.

39. Burton I. Interventions for prevention and in-season management of patellar tendinopathy in athletes: A scoping review. *Phys Ther Sport*. 2022 May;55:80-89. doi: 10.1016/j.pts.2022.03.002. Epub 2022 Mar 7. PMID: 35286941.
40. Ruffino D, Malliaras P, Marchegiani S, Campana V. Inertial flywheel vs heavy slow resistance training among athletes with patellar tendinopathy: A randomised trial. *Phys Ther Sport*. 2021 Nov;52:30-37. doi: 10.1016/j.pts.2021.08.002. Epub 2021 Aug 4. PMID: 34384941.
41. Vang C, Niznik A. The Effectiveness of Isometric Contractions Compared With Isotonic Contractions in Reducing Pain For In-Season Athletes With Patellar Tendinopathy. *J Sport Rehabil*. 2020 Oct 12;30(3):512-515. doi: 10.1123/jsr.2019-0376. PMID: 33049706.
42. Clifford C, Challoumas D, Paul L, Syme G, Millar NL. Effectiveness of isometric exercise in the management of tendinopathy: a systematic review and meta-analysis of randomised trials. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2020 Aug 4;6(1):e000760. doi: 10.1136/bmjsem-2020-000760. PMID: 32818059; PMCID: PMC7406028.
43. van Rijn D, van den Akker-Scheek I, Steunebrink M, Diercks RL, Zwerver J, van der Worp H. Comparison of the Effect of 5 Different Treatment Options for Managing Patellar Tendinopathy: A Secondary Analysis. *Clin J Sport Med*. 2019 May;29(3):181-187. doi: 10.1097/JSM.0000000000000520. PMID: 31033610.
44. 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. *Clin J Sport Med*. 2020 Jul;30(4):335-340. doi: 10.1097/JSM.0000000000000625. PMID: 30095504.
45. Lim HY, Wong SH. Effects of isometric, eccentric, or heavy slow resistance exercises on pain and function in individuals with patellar tendinopathy: A systematic review. *Physiother Res Int*. 2018 Oct;23(4):e1721. doi: 10.1002/pri.1721. Epub 2018 Jul 4. PMID: 29972281.
46. Gual G, Fort-Vanmeerhaeghe A, Romero-Rodríguez D, Tesch PA. Effects of In-Season Inertial Resistance Training With Eccentric Overload in a Sports Population at Risk for Patellar Tendinopathy. *J Strength Cond Res*. 2016 Jul;30(7):1834-42. doi: 10.1519/JSC.0000000000001286. PMID: 26670989.
47. Larsson ME, Käll I, Nilsson-Helander K. Treatment of patellar tendinopathy--a systematic review of randomized controlled trials. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Aug;20(8):1632-46. doi: 10.1007/s00167-011-1825-1. Epub 2011 Dec 21. PMID: 22186923.

48. 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. *J Sci Med Sport*. 2020 Mar;23(3):208-214. doi: 10.1016/j.jsams.2019.09.015. Epub 2019 Oct 10. PMID: 31735531.
49. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, 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 May;27(3):253-259. doi: 10.1097/JSM.0000000000000364. PMID: 27513733.
50. 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. *J Sci Med Sport*. 2016 Sep;19(9):702-6. doi: 10.1016/j.jsams.2015.11.006. Epub 2015 Dec 7. PMID: 26707957.
51. Cannell LJ, Taunton JE, Clement DB, Smith C, Khan KM. A randomised clinical trial of the efficacy of drop squats or leg extension/leg curl exercises to treat clinically diagnosed jumper's knee in athletes: pilot study. *Br J Sports Med*. 2001 Feb;35(1):60-4. doi: 10.1136/bjism.35.1.60. PMID: 11157465; PMCID: PMC1724276.
52. Jonsson P, Alfredson H. Superior results with eccentric compared to concentric quadriceps training in patients with jumper's knee: a prospective randomised study. *Br J Sports Med*. 2005 Nov;39(11):847-50. doi: 10.1136/bjism.2005.018630. PMID: 16244196; PMCID: PMC1725058.
53. 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. doi: 10.1097/01.jsm.0000168073.82121.20. PMID: 16003036.
54. Frohm A, Saartok T, Halvorsen K, Renström P. Eccentric treatment for patellar tendinopathy: a prospective randomised short-term pilot study of two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med*. 2007 Jul;41(7):e7. doi: 10.1136/bjism.2006.032599. Epub 2007 Feb 8. PMID: 17289855; PMCID: PMC2465351.
55. Lee WC, Ng GY, 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. *Clin J Sport Med*. 2020 Jan;30(1):25-32. doi: 10.1097/JSM.0000000000000562. PMID: 31855909.
56. Thijs KM, Zwerver J, Backx FJ, Steeneken V, Rayer S, Groenenboom P, Moen MH. Effectiveness of Shockwave Treatment Combined With Eccentric Training for Patellar

Tendinopathy: A Double-Blinded Randomized Study. *Clin J Sport Med.* 2017 Mar;27(2):89-96. doi: 10.1097/JSM.0000000000000332. PMID: 27347857.

57. López-Royo MP, Ríos-Díaz J, Galán-Díaz RM, Herrero P, Gómez-Trullén EM. A Comparative Study of Treatment Interventions for Patellar Tendinopathy: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021 May;102(5):967-975. doi: 10.1016/j.apmr.2021.01.073. Epub 2021 Feb 6. PMID: 33556350.

58. Kulig K, Noceti-DeWit LM, Reischl SF, Landel RF. Physical therapists' role in prevention and management of patellar tendinopathy injuries in youth, collegiate, and middle-aged indoor volleyball athletes. *Braz J Phys Ther.* 2015 Sep-Oct;19(5):410-20. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0126. Epub 2015 Oct 6. PMID: 26537811; PMCID: PMC4647152.

59. Bittencourt NFN, Oliveira RR, Vaz RPM, Silva RS, Mendonça LM. Preventive effect of tailored exercises on patellar tendinopathy in elite youth athletes: A cohort study. *Phys Ther Sport.* 2022 Jan;53:60-66. doi: 10.1016/j.ptsp.2021.11.006. Epub 2021 Nov 20. PMID: 34837804.

60. Mersmann F, Laube G, Marzilger R, Bohm S, Schroll A, Arampatzis A. A Functional High-Load Exercise Intervention for the Patellar Tendon Reduces Tendon Pain Prevalence During a Competitive Season in Adolescent Handball Players. *Front Physiol.* 2021 Mar 10;12:626225. doi: 10.3389/fphys.2021.626225. PMID: 33776790; PMCID: PMC7987778.

61. Basas Á, Cook J, Gómez MA, Rafael MA, Ramirez C, Medeiros B, Lorenzo A. Effects of a strength protocol combined with electrical stimulation on patellar tendinopathy: 42 months retrospective follow-up on 6 high-level jumping athletes. *Phys Ther Sport.* 2018 Nov;34:105-112. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.09.005. Epub 2018 Sep 18. PMID: 30265995.

62. Biernat R, Trzaskoma Z, Trzaskoma L, Czaprowski D. Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19-year old volleyball players. *J Strength Cond Res.* 2014 Jan;28(1):43-52. doi: 10.1519/JSC.0b013e31829797b4. PMID: 23669814.

63. Sprague AL, Couppé C, Pohlig RT, Snyder-Mackler L, Silbernagel KG. Pain-guided activity modification during treatment for patellar tendinopathy: a feasibility and pilot randomized clinical trial. *Pilot Feasibility Stud.* 2021 Feb 25;7(1):58. doi: 10.1186/s40814-021-00792-5. PMID: 33632313; PMCID: PMC7905015.

64. Pietrosimone LS, Blackburn JT, Wikstrom EA, Berkoff DJ, Docking SI, Cook J, Padua DA. Landing biomechanics are not immediately altered by a single-dose patellar tendon isometric exercise protocol in male athletes with patellar tendinopathy: A single-

- blinded randomized cross-over trial. *Phys Ther Sport*. 2020 Nov;46:177-185. doi: 10.1016/j.ptsp.2020.09.003. Epub 2020 Sep 12. PMID: 32957034.
65. Vander Doelen T, Scott A. Multimodal management of patellar tendinopathy in basketball players: A retrospective chart review pilot study. *J Bodyw Mov Ther*. 2020 Jul;24(3):267-272. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.02.013. Epub 2020 Feb 24. PMID: 32825999.
66. Scattone Silva R, Ferreira AL, Nakagawa TH, Santos JE, Serrão FV. Rehabilitation of Patellar Tendinopathy Using Hip Extensor Strengthening and Landing-Strategy Modification: Case Report With 6-Month Follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015 Nov;45(11):899-909. doi: 10.2519/jospt.2015.6242. Epub 2015 Sep 21. PMID: 26390271.
67. Romero-Rodriguez D, Gual G, Tesch PA. Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: a case-series study. *Phys Ther Sport*. 2011 Feb;12(1):43-8. doi: 10.1016/j.ptsp.2010.10.003. Epub 2010 Dec 10. PMID: 21256449.
68. Cuddeford T, Brumitt J. IN-SEASON REHABILITATION PROGRAM USING BLOOD FLOW RESTRICTION THERAPY FOR TWO DECATHLETES WITH PATELLAR TENDINOPATHY: A CASE REPORT. *Int J Sports Phys Ther*. 2020 Dec;15(6):1184-1195. doi: 10.26603/ijsp.20201184. PMID: 33344034; PMCID: PMC7727412.
69. Núñez-Martínez P, Hernández-Guillen D. Management of Patellar Tendinopathy Through Monitoring, Load Control, and Therapeutic Exercise: A Systematic Review. *J Sport Rehabil*. 2022 Mar 1;31(3):337-350. doi: 10.1123/jsr.2021-0117. Epub 2021 Dec 23. PMID: 34942594.
70. Mendonça LM, Leite HR, Zwerver J, Henschke N, Branco G, Oliveira VC. How strong is the evidence that conservative treatment reduces pain and improves function in individuals with patellar tendinopathy? A systematic review of randomised controlled trials including GRADE recommendations. *Br J Sports Med*. 2020 Jan;54(2):87-93. doi: 10.1136/bjsports-2018-099747. Epub 2019 Jun 6. PMID: 31171514.
71. 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. doi: 10.1177/0363546506298279. Epub 2007 Feb 16. PMID: 17307888.