

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

TITOLO DELLA TESI

**L'esercizio terapeutico nel trattamento della tendinopatia achillea:
revisione sistematica della letteratura**

Tesi di laurea in Metodologia Della Ricerca Applicata

Presentata da:

Alberto Della Pasqua

Relatore:

Chiar.ma Prof.ssa

Lucia Bertozzi

Anno Accademico 2018/2019

ABSTRACT

Background. La tendinopatia Achillea è una condizione dolorosa del tendine d'Achille che si verifica maggiormente in persone sportive, ma può presentarsi anche in persone sedentarie. I sintomi principali locali sono dolore, rigidità, e alterazione della funzione del tendine d'Achille. La patogenesi non è infiammatoria. Essa è principalmente una reazione meccanica adattativa degenerativa, dovuta ad un eccessivo incremento di carico sulla struttura anatomica.

Il trattamento conservativo verte soprattutto sulla ricerca di stimoli che promuovano la sintesi di collagene e incrementino la forza tensile del tendine d'Achille. Per questo motivo, l'esercizio è una delle modalità più studiate.

Obiettivi. Valutare l'efficacia dell'esercizio terapeutico, in termini di miglioramento dei sintomi di dolore e funzione, nel trattamento della tendinopatia achillea cronica della porzione media. Tale indagine si pone l'obiettivo di verificarne l'efficacia rispetto ad altre terapie e ricercarne il tipo e modalità più valida.

Disegno dello studio. Revisione sistematica seguendo la checklist del *PRISMA statement*³⁶.

Criteri di eleggibilità. Studi Trial Clinici Randomizzati e non, che indagano il cambiamento di dolore e funzione in pazienti affetti da tendinopatia achillea cronica della porzione media trattati con esercizio terapeutico.

Fonti di ricerca. PUBMED, PEDro, CINAHL complete (includendo i database EBSCost: PsycARTICLES, Psychology and Behavioral Sciences Collection, PsycINFO, SPORTDiscus), Cochrane Central Register of Controlled Trial. Ricerche aggiuntive sono state condotte tramite la bibliografia di revisioni sistematiche con lo stesso argomento.

Risultati. 13 studi inclusi. In tutti, l'esercizio terapeutico produce miglioramenti significativi di dolore e funzione. Il protocollo di esercizio eccentrico di Alfredson (HECT) è più efficace della guarigione spontanea, dell'esercizio concentrico isolato, e del programma di Stanish. Inoltre, unito a massaggio trasverso profondo ed ultrasuoni provoca miglioramenti statisticamente significativi rispetto a queste terapie isolate. Non ci sono differenze significative fra l'HECT e: l'AirHeel brace, le onde d'urto, gli ultrasuoni, il PRP, il "pressure massage", e l'esercizio isotonico in palestra (HSR). L'HECT ridotto di volume e frequenza produce gli stessi miglioramenti.

Conclusioni. L'esercizio è un trattamento conservativo efficace per la tendinopatia achillea cronica della porzione media. Il suo utilizzo consente di scegliere programmi di lavoro ugualmente validi come l'HECT (classico o ridotto) e l'HSR.

INDICE

L'ESERCIZIO TERAPEUTICO NEL TRATTAMENTO DELLA TENDINOPATIA ACHILLEA: REVISIONE SISTEMATICA DELLA LETTERATURA

ABSTRACT

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE	4
1.1 Razionale	4
1.2 Obiettivi	6
CAPITOLO 2: METODI	7
2.1 Criteri di eleggibilità	7
2.2 Fonti di ricerca	7
2.3 Strategie di ricerca	7
2.4 Selezione degli studi	9
2.5 Processo di raccolta dati e tipo di dati estratti	9
2.6 Rischio di bias negli studi	9
2.7 Sintesi dei risultati	10
CAPITOLO 3: RISULTATI	11
3.1 Risultati della selezione degli studi	11
3.2 Caratteristiche degli studi	12
3.3 Rischio di bias negli studi	26
3.4 Risultati dei singoli studi	27
3.5 Sintesi dei risultati	29
CAPITOLO 4: DISCUSSIONE	30
4.1 Prove di efficacia	30
4.2 Limiti della revisione	34
4.3 Conclusioni	34
BIBLIOGRAFIA	36

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

1.1 Razionale

La Tendinopatia Achillea è una condizione che causa dolore al tendine d'Achille. Colpisce più frequentemente atleti coinvolti in sport di corsa e/o salti, che incrementano repentinamente i carichi di allenamento, o persone attive che sovraccaricano oltre modo tale struttura anatomica. Occasionalmente può manifestarsi anche in individui sedentari¹. I sintomi principali sono dolore, rigidità, ispessimento del tendine e alterazione della funzione. La tendinopatia achillea si manifesta più frequentemente nella porzione media, che va dai 2 ai 7 cm superiori all'inserzione del tendine sul calcagno. Diversamente, in una percentuale più bassa può colpire l'entesi, e in tal caso si definisce tendinopatia inserzionale o entesopatia. Quest'ultimo caso ha un'eziopatogenesi diversa e non verrà discusso in questa revisione.

Storicamente la tendinopatia achillea era considerata come una condizione infiammatoria. Studi istologici più recenti, tuttavia, hanno osservato che questa patologia è caratterizzata dall'assenza di cellule infiammatorie, ma dalla presenza di cellule attive in produzione di proteine, degenerazione del collagene intra-tendineo, disorganizzazione delle fibre della matrice e neo-vascularizzazione². Nel 2009 Cook e Purdam hanno elaborato un modello che considera la patologia tendinea come un *continuum* in cui sono presenti tre fasi: tendinopatia reattiva, guarigione fallita e tendinopatia degenerativa³. Le tre fasi vengono convenzionalmente distinte ma c'è una continuità ed una possibile reversibilità fra loro. Questo modello, ben accolto dalla comunità scientifica, considera la quantità di carico sul tendine come fattore eziologico chiave nell'inizio della tendinopatia, modulato dall'interazione tra fattori intrinseci come età, sesso e genetica. Un incremento repentino di volume, intensità e frequenza di lavoro, può mettere in difficoltà la capacità del tendine di sopportare i carichi; allo stesso tempo nel modello proposto, aumentare o diminuire il carico è lo stimolo principale per modulare la patologia del tendine lungo il *continuum*.

La fase di tendinopatia reattiva è descritta come una risposta adattativa a breve termine del tendine ad improvvisi sovraccarichi con forze di trazione o compressione. Studi in vitro ne dimostrano l'evidenza⁴. Si manifesta con un anormale ispessimento di una porzione del tendine che serve a proteggerlo da ulteriori stress. In questa fase il tendine ha la capacità di tornare alla normalità se il carico su di esso viene ridotto a sufficienza.

La fase successiva è rappresentata da un tentativo di guarigione, caratterizzato da un aumento di produzione di proteoglicani, separazione del collagene e disorganizzazione della matrice. È la conseguenza di un sovraccarico prolungato nel tempo sul tendine già "reattivo". La

reversibilità di questa fase della patologia è possibile con una corretta gestione del carico e con esercizi per stimolare la riorganizzazione della matrice⁵. La fase più avanzata è quella degenerativa, in cui c'è una vasta eterogeneità della struttura della matrice ed è difficilmente reversibile. Sovraccarichi ripetuti nel tempo trascurando la patologia, possono portare a degenerazione irreversibile del tendine fino alla sua rottura.

Le fasi del modello del continuum sono basate principalmente su caratteristiche strutturali, ma il dolore è la presentazione clinica principale e la sua diminuzione è segno di successo del trattamento³. La correlazione tra dolore, struttura e funzione è complessa e non ancora chiara. Il dolore al tendine può essere presente anche in assenza di cambiamenti strutturali e viceversa. Esso causa diminuzione della forza e del controllo motorio, che si traducono in diminuzione della funzione⁶. Tuttavia, un'alterazione funzionale può avvenire in presenza di patologie strutturali indipendentemente dal dolore. L'origine del dolore nella fase reattiva è ipotizzata in un segnale paracrino da parte delle cellule tendinee, che stimola meccanorecettori periferici e che viene interpretato come segnale nocicettivo⁷. L'assenza di innervazione della regione profonda del tendine potrebbe spiegare la presenza di un'alterazione strutturale in essa, senza la percezione di dolore. Un'altra causa ipotetica è associata alla neo-vascularizzazione presente nella fase più avanzata/degenerativa, che potrebbe sensibilizzare le fibre nervose che vi passano a stretto contatto^{8,9}. Tuttavia, un recente studio diagnostico italiano³¹ ha verificato che non c'è una correlazione significativa fra la presenza di neo-vascularizzazione e dolore/disabilità misurato con la scala WOMAC. Sebbene nella tendinopatia achillea cronica sia dimostrata la proliferazione di tanti nuovi piccoli vasi, il loro ruolo è ancora controverso.

Il trattamento della tendinopatia Achillea è inizialmente conservativo e può richiedere molti mesi a seconda dello stadio patologico. Convenzionalmente si definisce tendinopatia cronica quando i sintomi persistono per più di tre mesi.

Sulla base del modello del continuum e sull'origine degenerativa della patologia, il trattamento conservativo verte soprattutto sulla ricerca di stimoli che promuovano la sintesi di collagene e incrementino la forza tensile del tendine d'Achille.

Le evidenze scientifiche maggiori, per il trattamento della tendinopatia Achillea cronica della porzione media, sono a favore dell'esercizio eccentrico. Già nel 1986 Stanish et al.¹⁰ pubblicarono studi sull'esercizio eccentrico come terapia per ridurre i sintomi della tendinopatia achillea. Nel 1998 Alfredson, introdusse un programma intenso di lavoro eccentrico¹¹ che diventò un vero e proprio protocollo; fu la base per tutti gli studi futuri ed è tutt'ora un modello di riferimento. Questo *Heavy-Load Eccentric Calf Muscle Training*, consiste in 3 serie da 15 ripetizioni di esercizio puramente eccentrico a ginocchio esteso, e altrettante a ginocchio flesso,

da ripetere 3 volte al giorno per 7 giorni a settimana, per un totale di 180 ripetizioni giornaliere. La posizione di partenza è su un gradino in punta di piedi con il carico tutto sull'arto/gli arti infortunato/i. Successivamente, si porta in flessione dorsale la caviglia, caricando il tricipite surale e lasciandosi lentamente vincere dalla forza di gravità, fino a portare il tallone sotto il livello del gradino. Il ritorno alla posizione di partenza viene fatto aiutandosi con l'arto inferiore sano, o con le braccia in caso di dolore bilaterale, evitando così la contrazione concentrica. Il programma viene svolto per 12 settimane e viene permessa l'esecuzione dell'esercizio con dolore moderato. Con il diminuire del sintomo nel tempo viene aggiunto del sovraccarico sulle spalle del paziente.

L'effetto positivo dell'esercizio eccentrico in parte è ipotizzato nella sua capacità di stimolare la sintesi di fibre collagene di tipo I¹², che hanno proprietà meccaniche superiori alle fibre collagene di tipo III prodotte nelle aree di tendinosi¹³.

Il limite del protocollo di Alfredson è il volume notevole di esercizio giornaliero, che potrebbe inficiare la *compliance* delle persone assistite che non sono prettamente sportive. Successivamente a questo studio l'esercizio come trattamento per la tendinopatia achillea è stato indagato notevolmente dalla comunità scientifica, sia per studiarne l'efficacia sia rispetto ad altri trattamenti conservativi che per definirne la modalità ideale.

Già nel 2001 Silbernagel et al. verificarono con uno studio RCT¹⁴ l'efficacia di due programmi di esercizio che prevedevano, oltre all'esercizio eccentrico, anche contrazioni concentriche-eccentriche e pliometriche, con effetti favorevoli.

1.2 Obiettivi

Lo scopo di questa revisione sistematica è di valutare l'efficacia dell'esercizio terapeutico, in termini di miglioramento dei sintomi di dolore e funzionalità, nel trattamento della tendinopatia achillea cronica della porzione media. Tale indagine si pone l'obiettivo di ricercare negli studi RCT e trial clinici, l'effetto dell'esercizio comparato ad altri trattamenti, o ad altri tipi e modalità di esercizio.

CAPITOLO 2: METODI

Questa revisione sistematica è stata redatta seguendo la checklist del *PRISMA statement*³⁶.

2.1 Criteri di eleggibilità

In questa revisione sono stati inclusi i Trial Clinici Randomizzati e non-randomizzati con partecipanti di qualsiasi età, sia sportivi che sedentari, affetti da Tendinopatia Achillea cronica (> 3 mesi) della porzione media (2-7cm prossimali all'inserzione). Gli studi in cui anche solo una parte del campione aveva tendinopatia inserzionale sono stati esclusi.

Sono stati inclusi gli articoli in cui un gruppo è stato trattato con esercizio di qualsiasi tipo e modalità, anche combinato con altri trattamenti, a patto che esso fosse l'unica variabile di intervento fra gruppi. In questi studi l'esercizio veniva comparato con altri trattamenti, con nessun trattamento, o con un differente esercizio o programma di esercizi. Sono stati inclusi anche studi a "tre bracci", in cui nel terzo gruppo venivano combinati i tipi di trattamento. Inoltre, sono state inserite anche ricerche in cui l'esercizio era combinato con un trattamento placebo (per esempio *sham laser*), ma solo se il gruppo di controllo eseguiva lo stesso trattamento placebo combinato un differente tipo o programma di esercizio. Sono stati esclusi, invece, gli studi in cui veniva comparato lo stesso tipo e modalità di esercizio in entrambi i gruppi.

Gli outcome indagati sono stati dolore e/o funzionalità del tendine verificati con le rispettive scale.

Sono stati ricercati gli studi di qualsiasi lingua e anno di pubblicazione.

2.2 Fonti di ricerca

Le ricerche sono state condotte fino al 31 Luglio 2019. Le banche dati elettroniche utilizzate sono state PUBMED, PEDro e CINAHL complete (includendo i database EBSCost: PsycARTICLES, Psychology and Behavioral Sciences Collection, PsycINFO, SPORTDiscus) e su Cochrane Central Register of Controlled Trial. Ricerche aggiuntive sono state condotte tramite la bibliografia di revisioni sistematiche con lo stesso argomento.

2.3 Strategie di ricerca

Le strategie di ricerca sono state differenti a seconda della modalità di ricerca consentita da ogni banca dati elettronica.

PUBMED

Su Pubmed è stata utilizzata la ricerca avanzata con parole MeSH e termini liberi. Sono stati utilizzati i descrittori MeSH Tendinopathy, Tendon injuries, Achilles tendon, Exercise,

Exercise therapy. I termini liberi sono stati inseriti con il troncamento: tendinopat*, tendon injur*, tendonopat*, achilles tend*, tendinos*, tendonos*, tendinit*, tendonit*, Achilles tend*, exercis*, exercise therap*.

La stringa di ricerca è stata la seguente:

((((((((((tendinopathy[MeSH Terms]) OR tendinopat*) OR tendon injuries[MeSH Terms]) OR tendon injur*) OR tendonopat*) OR Achilles tend*) OR tendinos*) OR tendonos*) OR tendinit*) OR tendonit*)) AND ((achilles tendon[MeSH Terms]) OR achilles tend*)) AND (((exercise[MeSH Terms]) OR exercis*) OR exercise therapy[MeSH Terms]) OR exercise therap*).

Inoltre, sono stati aggiunti i filtri “Clinical Trial” + “Randomized Clinical Trial” + “Controlled Clinical Trial”.

CINAHL

Insieme a Cinahl è stata effettuata la ricerca sui seguenti database di EBSCHost: PsycARTICLES, Psychology and Behavioral Sciences Collection, PsycINFO, SPORTDiscus. Anche qui è stata utilizzata la ricerca avanzata con la seguente stringa di ricerca:

(achilles tendin* OR achilles tendon*) AND exercise* AND (controlled trial* OR clinical trial* OR randomized controlled trial*).

Tra le opzioni di ricerca ed espansori sono stati selezionati: “applica parole correlate”, “cerca anche nel testo completo degli articoli”, e “applica argomenti equivalenti”.

Inoltre, per ogni database sono stati aggiunti limitatori speciali:

- Cinahl complete: “escludi record MEDLINE”; tipo di pubblicazione “Randomized Controlled Trial” e “Clinical Trial”.
- PsychARTICLES: metodologia “Clinical Trial”; gruppo popolazione “Human”.
- PsycINFO: gruppo popolazione “Human”; metodologia “Clinical Trial”.

PEDro

Su PEDro è stata utilizzata la ricerca semplice con parole chiave: Achilles tend*, exercise*.

COCHRANE library

È stata eseguita la ricerca avanzata con operatori booleani in “search manager”:

#1 achilles tendin*. (search limits: “trial” + “search word variation”).

#2 achilles tendon*. (search limits: “trial” + “search word variation”).

#3 exercise. (search limits: “trial” + “search word variation”).

→stringa di ricerca: (#1 OR #2) AND #3.

2.4 Selezione degli studi

La selezione degli studi è stata effettuata individualmente da un solo revisore, seguendo il processo di *Identificazione degli studi, Screening, Eleggibilità e Inclusione*. I risultati della ricerca di ogni banca dati sono stati importati sul programma di gestione bibliografica *EndNote*; tramite questo sono stati eliminati i doppi. Degli studi rimanenti è stato eseguito lo Screening dei titoli escludendo quelli non pertinenti. Il processo di eleggibilità è stato effettuato leggendo l'abstract e se necessario il testo completo; gli studi che non rispettavano i criteri di inclusione sono stati esclusi. Infine, gli studi rimanenti sono stati utilizzati in questa revisione.

L'intero processo di selezione è stato schematizzato con il *PRISMA Flow Diagram*¹⁵ (vedi capitolo 3, "3.1 Risultati della selezione degli studi").

2.5 Processo di raccolta dati e tipo di dati estratti

I dati sono stati raccolti da un solo revisore, con la lettura del testo completo di ogni singolo articolo, e l'inserimento manuale degli *item* nella tabella sinottica riportata nel capitolo "Risultati > 3.2 Caratteristiche degli studi". Le informazioni che seguono sono state estratte dagli studi; Nome del primo autore e data di pubblicazione, disegno dello studio, dimensione del campione, paese di provenienza dello studio, dimensione dei gruppi di studio, numero di maschi e femmine coinvolti, età media, sport praticato o sedentarietà, durata media dei sintomi, tipi di intervento, compliance e soddisfazione al trattamento, tempi di follow-up, valori degli outcome all'inizio dello studio, valori degli outcome alla fine degli interventi.

2.6 Rischio di bias negli studi

La valutazione del rischio di bias di ogni studio è stata effettuata da un singolo revisore utilizzando la *PEDro scale*. Essa si è dimostrata un valido strumento di misura della qualità metodologica dei trial clinici di interventi fisioterapici¹⁶. La scala di Pedro comprende 11 item, di cui solamente 10 assegnano punti. Il Criterio 1 è correlato alla validità esterna (o "applicabilità" dello studio) e non viene utilizzato per calcolare il punteggio. I criteri dal 2 al 9 sono correlati alla validità interna dello studio e i criteri 10-11 sono correlati alla sufficienza delle informazioni statistiche. Si assegna 1 punto ogni volta che la risposta è "Sì" alla presenza di un criterio all'interno dello studio; il punteggio massimo è 10. Gli item della scala di PEDro sono i seguenti:

1. I criteri di eleggibilità sono stati specificati.
2. I soggetti sono stati assegnati in maniera randomizzata ai gruppi (negli studi crossover, è randomizzato l'ordine con cui i soggetti ricevono il trattamento).
3. L'assegnazione dei soggetti era nascosta.

4. I gruppi erano simili all'inizio dello studio per quanto riguarda i più importanti indicatori prognostici.
5. Tutti i soggetti erano “ciechi” rispetto al trattamento.
6. Tutti i terapisti erano “ciechi” rispetto al tipo di trattamento somministrato.
7. Tutti i valutatori erano “ciechi” rispetto ad almeno uno degli obiettivi principali dello studio.
8. I risultati di almeno un obiettivo dello studio sono stati ottenuti in più dell'85% dei soggetti inizialmente assegnati ai gruppi.
9. Tutti i soggetti analizzati al termine dello studio hanno ricevuto il trattamento (sperimentale o di controllo) cui erano stati assegnati oppure, se non è stato così, i dati di almeno uno degli obiettivi principali sono stato analizzato per “intenzione al trattamento”.
10. I risultati della comparazione statistica tra i gruppi sono riportati per almeno uno degli obiettivi principali.
11. Lo studio fornisce sia misure di grandezza che di variabilità per almeno uno degli obiettivi principali.

2.7 Sintesi dei risultati

I risultati sono stati sintetizzati in modo schematico nella tabella sinottica presente nella sezione “3.2 Caratteristiche degli studi” e in modo narrativo nei paragrafi successivi.

CAPITOLO 3: RISULTATI

3.1 Risultati della selezione degli studi

Il processo di ricerca iniziale ha prodotto 665 studi dei quali 141 sono stati rimossi in quanto duplicati. Un altro studio (Alfredson et al. 1998¹¹) è stato inserito tramite la ricerca aggiuntiva nella bibliografia di altre revisioni. Successivamente, dopo la lettura di titolo ed abstract sono stati esclusi 449 articoli. Dopo la lettura del testo completo dei 75 studi rimanenti, sono risultati eleggibili 13 studi, tutti in lingua inglese, che hanno rispettato i criteri di inclusione prestabiliti. L'intero percorso di ricerca è riportato con il *PRISMA Flow Diagram* (Figura 1); descrive nel dettaglio il numero degli studi analizzati e le ragioni di esclusione di essi.

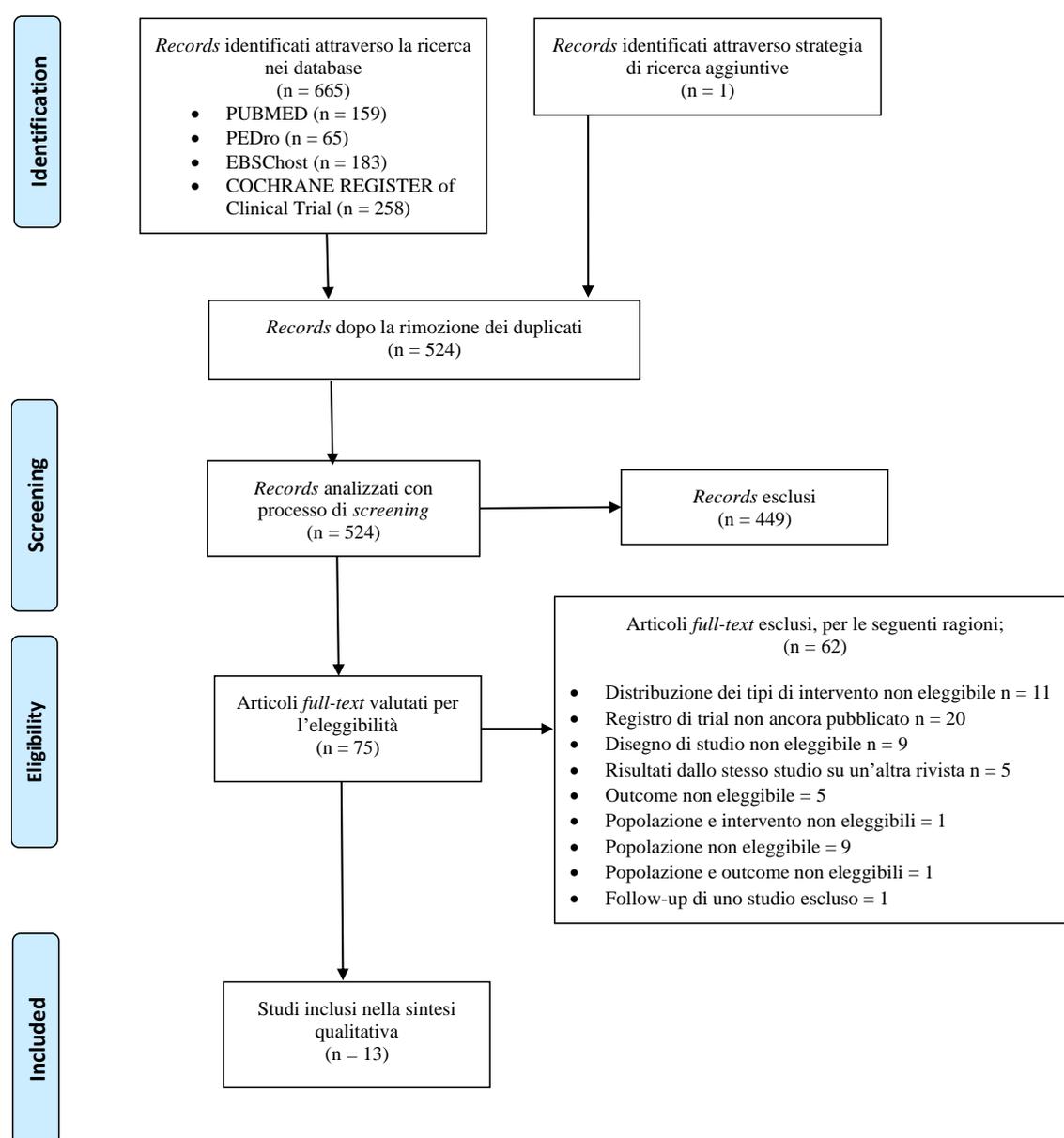


Figura 1. PRISMA flow diagram

3.2 Caratteristiche degli studi

I trial clinici inclusi nella revisione sono tutti randomizzati tranne quelli di Alfredson et al¹¹, Harrington and McCulloch¹⁹ e di Stasinopoulos and Manias²⁴. Il primo dei tre è anche l'unico a contrapporre un trattamento conservativo ad un trattamento chirurgico, mentre gli altri confrontano tutti trattamenti conservativi. Esso inoltre, esegue follow-up diversi fra i due gruppi, rispettivamente a 12 e 24 settimane per il gruppo di esercizio e di intervento chirurgico. Questo perché in due suoi studi prospettici precedenti^{29,17}, ha mostrato con gli stessi test isocinetici usati nel trial clinico incluso, che il recupero della forza muscolare concentrica ed eccentrica del tricipite surale, operato di tendinopatia achillea, richiede un arco di tempo di circa sei mesi.

Gli studi sono stati effettuati prevalentemente nel nord Europa; quattro nel Regno Unito, tre in Svezia, due in Germania, uno in Islanda e uno in Danimarca. Un altro è stato effettuato in Grecia, mentre solo uno studio incluso è stato realizzato fuori dall'Europa, in Nuova Zelanda. I pazienti presi in esame nei tredici articoli eletti sono risultati sia sportivi che persone non attive, con un'età media che va da 36.6 anni a 59 anni. Le caratteristiche principali degli studi sono sintetizzate nella Tabella 1. Per la valutazione di dolore e funzionalità la scala VISA-A è stata utilizzata in otto studi su tredici, soprattutto in quelli successivi al 2010. La *Victorian Institute of Sport Assessment – Achilles questionnaire* (VISA-A) è un questionario di valutazione soggettiva con domande che riguardano il dolore, la rigidità e la capacità funzionale del tendine d'Achille, ed è stata dimostrata essere uno strumento valido ($p < 0.01$) e affidabile (affidabilità test-retest $r = 0.98$) per valutare la severità della tendinopatia Achillea.²⁹ Gli studi che non hanno utilizzato la scala VISA-A hanno impiegato due valutazioni separate per dolore e funzionalità. Per il primo outcome hanno applicato tutti una *Visual Analogue Scale* (VAS) di 100mm. Per il secondo, alcuni hanno applicato test clinici funzionali^{11,14}, e altri delle scale di valutazione dell'arto inferiore come l'AOFAS²⁰ per caviglia e retro-piede e la FILLA²². L'*American Orthopaedic Foot and Ankle Society* (AOFAS) *score* misura in maniera oggettiva la funzione e l'allineamento del piede ed è presente anche un item per il dolore. La *Functional index of the leg and lower limb* (FILLA) valuta soggettivamente su una VAS l'abilità del paziente di compiere undici attività funzionali. Alcuni autori che hanno utilizzato la scala VISA-A hanno associato in aggiunta, un'altra valutazione del dolore con misurazione visivo-analogica (VAS)^{25,26} o numerica (NPRS)^{21,27}. Solo uno studio¹⁸ ha registrato unicamente l'outcome di dolore senza indagare la funzionalità.

Tabella 1. Caratteristiche degli studi

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Alfredson et al. (1998)¹¹</i>	Trial Clinico	Umeå, Svezia.	Dolore durante la corsa: VAS 100mm Funzionalità : Isokinetic calf muscle strenght (N/m): flex plantare concentrica (CPF) a 90 deg/sec e 225 deg/sec + flex plantare eccentrica (EPF) a 90 deg/sec	Heavy-load eccentric calf training^A	15 (12/3)	44.3 ± 7.0	Jogging (15)	18.3 (3-100)	Non riportato	VAS: 81.2 ± 18 CPF: 90 deg/sec: 69.1 225 deg/sec: 30.9 EPF: 90 deg/sec: 152.0	12 settimane; VAS 4.8 ± 6.5 CPF: 90 deg/sec: 76.9 225 deg/sec: 35.5 EPF: 179.2
				Intervento chirurgico + riabilitazione standard¹⁷	15 (11/4)	39.6 ± 7.9	Jogging (15), Soccer (1)	33.5 (6-88)	Non riportato	VAS: 71.8 ± 17.9 CPF: 90 deg/sec: 70.8 225 deg/sec: 34.4 EPF: 90 deg/sec: 146.3	24 settimane; VAS: 21.2 ± 11.4 CPF: 90 deg/sec: 73.6 225 deg/sec: 43.3 EPF: 90 deg/sec: 171.2

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Mafi et al. (2001)</i> ¹⁸	RCT	Sundsvall e Umeå, Svezia	Dolore durante le attività: VAS 100mm	Heavy-load eccentric calf training^A	22 (12/10)	48.1 ± 9.5	Jogging (12), Walking (10)	18 (3-120)	Non riportato (82% soddisfatti)	VAS media: 69	12 settimane; 18/22 soddisfatti VAS: 12 [■] 4/22 insoddisfatti VAS: 44 [■]
				Calf training concentrico^B	22 (12/10)	48.4 ± 8.3	Jogging (13), Walking (9)	23 (5-120)	Non riportato (36% soddisfatti)	VAS media: 63	12 settimane; 8/22 soddisfatti VAS: 9 [■] 14/22 non soddisfatti VAS: 60 [■]
<i>Silbernagel et al. (2001)</i> ¹⁴	RCT	Göteborg, Svezia	Dolore alla palpazione: VAS 100mm Funzionalità : Jumping test (cm), toe-rise test (cm)	Programma Silbernagel 1^C	22 (17/5)	47 ± 14.7	Jogging (11), Aerobics (2), Ice hockey (1), Tennis (1), Weightlifting (1), Golf (1), Walking (2), Badminton (1), Table-tennis (1), Soccer (1).	20 (4-96)	Non riportato (gruppo 1 più soddisfatto di gruppo 2 con questionario ad 1 anno di follow-up)	VAS palpazione (mediana): 49 ± 26.2 Jumping_test: 13 ± 7.0 Toe-rise_test: 20 ± 11	12 settimane*; VAS palpazione (mediana): 35 ± 24.8 Jumping_test: 14 ± 7.9 Toe-rise test: 24 ± 10.8
				Programma Silbernagel 2^D	18 (14/4)	41 ± 10.2	Jogging (10), Aerobics (1), Walking (1), Soccer (3), Handball (1), Floorball (1)	41 (6-192)	Non riportato (gruppo 1 più soddisfatto di gruppo 2 con questionario ad 1 anno di follow-up)	VAS palpazione (mediana): 27 ± 21.5 Jumping_test: 15 ± 3.6 Toe-rise_test: 22 ± 11	12 settimane*; VAS palpazione (mediana): 31 ± 26 Jumping_test: 16 ± 2.9 Toe-rise test: 28 ± 14.9

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Herrington and McCulloch. (2007)</i> ¹⁹	Trial controllato, (allocazione sequenziale) . studio pilota.	Regno Unito	Dolore e funzionalità con scala VISA-A	Massaggio trasverso profondo (DFM) 15' + Ultrasuoni (US) 5' a 1 MHz e 1.0 W/cm ² ; 1v. a sett. per 6 sett.; + stretching gastrocnemio e soleo per 12 settimane; + Heavy-load eccentric calf training ^A	13 (non riportato)	37 ± 9.26	Non riportato	21.33 ± 17.73 (non riportato)	Non riportato	VISA-A (media): 62	12 settimane VISA-A (media): 97 [■]
				DFM 15' + US 5' a 1MHz e 1.0 W/cm ² , 1 v. a settimana per 6 settimane; + stretching gastrocnemio e soleo per 12 settimane.	12 (non riportato)	36.6 ± 7.14	Non riportato	27.6 ± 12.94 (non riportato)	Non riportato	VISA-A (media): 60	12 settimane VISA-A (media): 82 [■]

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Petersen et al. (2007)</i> ²⁰	RCT	Germania	Dolore: VAS 100mm: -durante ADL -durante camminata -durante attività sportiva Funzionalità : American Foot and Ankle Society (AOFAS) score	Heavy-load eccentric calf training modificato ^E con più volume: 3vv al gg.	37 (23/14)	42.1 ± 11	34 attivi in sport (non specificati)	7.1 ± 2.6 (non riportato)	Non riportato	VAS -durante ADL: non specificata -durante camminata: non specificata -durante attività sportiva: non specificata AOFAS ≈77/100 Non differenza significativa fra i 3 gruppi	12 settimane* VAS -durante ADL: dolore ridotto del 60% -durante camminata: ridotto del 71% -durante attività sportive: dolore significativamente e ridotto, valore percentuale non specificato, vedi grafico box plot. Gruppo 1 = gruppo 2 AOFAS ≈89/100 non differenza significativa fra i 3 gruppi.
				AirHeel brace durante il giorno (tutore specifico per tendinopatia achillea).	35 (20/15)	42.6 ± 10.7	32 attivi in sport (non specificati)	7.3 ± 2.5 (non riportato)	Non riportato	VAS -durante ADL: non specificata -durante camminata: non specificata -durante attività sportiva: non specificata	12 settimane* VAS -durante ADL: dolore ridotto del 35%. -durante camminata: ridotto del 50%. -durante attività sportive: dolore significativamente e ridotto, valore

						AOFAS ≈77/100 Non differenza significativa fra i 3 gruppi	percentuale non specificato, vedi grafico box plot. Gruppo 1 = gruppo 2 AOFAS ≈89/100 non differenza significativa fra i 3 gruppi.
Heavy-load eccentric training^A + AirHeel brace	28 (17/11)	43 ± 12	26 attivi in sport (non specificati)	7.0 ± 2.3 (non riportato)	Non riportato	VAS -durante ADL: non specificata -durante camminata: non specificata -durante attività sportive: non specificata AOFAS ≈77/100 Non differenza significativa fra i 3 gruppi	12 settimane* VAS -durante ADL: ridotta del 56% -durante camminata: ridotto del 56% -durante attività sportive: dolore significativamente e ridotto, valore percentuale non specificato, vedi grafico box plot. Gruppo 3 migliora meno di gruppi 1 e 2. AOFAS ≈ 89/100 non differenza significativa fra i 3 gruppi.

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Rompe et al. (2007)</i> ²¹	RCT	Germania	VISA-A score Dolore: -al carico NRS -alla pressione di 3kg sul punto più dolente (Tenderness) NRS	Heavy-load eccentric calf training^A	25 (9/16)	48.1 ± 9.9	9 pazienti sportivi (sport non specificato)	10.9 ± 7.7 (non riportato)	Non riportato	VISA-A: 50.6 ± 11.5 Dolore al carico NRS: 7.0 ± 0.8 Tenderness NRS: 7.1 ± 3.6	16 settimane VISA-A: 75.6 ± 18.7 [■] Dolore al carico NRS: 3.6 ± 2.3 [■] Tenderness NRS: 1.7 ± 3.9
				Shock-wave therapy (SWT): 2000 impulsi (8 impulsi/sec.), pressione 3 bar. 3 sedute totali distanziate di una settimana.	25 (11/14)	51.2 ± 10.3	7 pazienti sportivi (sport non specificato)	12.5 ± 6.8 (non riportato)	Non riportato	VISA-A: 50.3 ± 11.7 Dolore al carico NRS: 6.8 ± 0.9 Tenderness NRS: 6.4 ± 4.4	16 settimane VISA-A: 70.4 ± 16.3 [■] Dolore al carico NRS: 4.0 ± 2.2 [■] Tenderness NRS: 2.6 ± 4.2
				Wait-and-see policy: visita ortopedica. Paziente incoraggiato ad aspettare miglioramento spontaneo. FANS se necessario.	25 (9/16)	46.4 ± 11.4	7 pazienti sportivi (sport non specificato)	9.2 ± 10.5 (non riportato)	Non riportato	VISA-A: 48.2 ± 9.0 Dolore al carico NRS: 7.9 ± 0.6 Tenderness NRS: 6.8 ± 3.1	16 settimane VISA-A: 55.0 ± 12.9 [■] Dolore al carico NRS: 5.9 ± 1.8 [■] Tenderness NRS: 4.3 ± 7.0

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Chester et al. (2008)</i> ²²	RCT, studio pilota	Regno Unito	Dolore: VAS 100mm: -a riposo -durante il cammino -dopo attività sportiva	Heavy-load eccentric calf training modificato^F:	8 (4/4)	59 ± 10	Cricket occasionale (1), andare al lavoro in bici (1), nuoto occasionale (1).	23 ± 13 (non riportato)	Non riportato	VAS -a riposo: 36.3 ± 30.8 -durante il cammino: 50.5 ± 33.4 -dopo attività sportiva: 76.3 ± 16.6 FILLA(%): 45.2 ± 22.6	12 settimane VAS -a riposo: 26.6 ± 25.9 -durante il cammino: 48.5 ± 23.4 -dopo attività sportiva: 61.9 ± 23.5 FILLA(%): 53.0 ± 17.6
			Funzionalità : Functional index of the leg and lower limb (FILLA): 11 item valutati con una VAS	Ultrasuoni: 3 MHz a 0.5 w/cm ² per 2 min/cm ² . 2 vv. a settimana per 6 settimane.	8 (7/1)	48 ± 12	Arbitro di football occasionale (1), andare al lavoro in bici (1), nuoto occasionale (1), jogging (1)	14 ± 10 (non riportato)	Non riportato	VAS -a riposo: 23.8 ± 15.1 -durante il cammino: 51.3 ± 25.6 -dopo attività sportiva: 70.0 ± 19.2 FILLA(%): 56.5 ± 6.9	12 settimane VAS -a riposo: 29.9 ± 23.9 -durante il cammino: 47.9 ± 26.2 -dopo attività sportiva: 55.4 ± 27.6 FILLA (%) : 41.5 ± 23.9
<i>Kearney et al. (2013)</i> ²³	RCT, studio pilota	Regno Unito	Dolore e Funzionalità con scala VISA-A	Iniezioni di Platelet-rich plasma (PRP)	10 (4/6)	47.8 (35-59)	Non riportato	30.8 (9-156)	Non riportato	VISA-A media: 41 ± 16	12 settimane* VISA-A media: 63 ± 29
				Heavy-load eccentric calf training^A	10 (3/7)	49.9 (36-66)	Non riportato	28.1 (8-144)	Non riportato	VISA-A media: 36 ± 21	12 settimane* VISA-A media: 56 ± 27

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Stasinopoulos and Manias (2013)</i> ²⁴	Trial controllato (allocazione sequenziale) . Studio pilota	Atene, Grecia.	Dolore e Funzionalità con scala VISA-A	Programma Stanish ^G	21 (non specificato)	48.44 ± 5.12	Non riportato, tutti atleti ricreativi	6.9	Non riportato	VISA-A media (95% CI): 38 (28-48)	12 settimane* VISA-A media (95% CI): 63 (57-73) [■]
				Heavy-load eccentric calf training ^A	20 (non specificato)	48.24 ± 5.09	Non riportato, tutti atleti ricreativi	7.1	Non riportato	VISA-A media (95% CI): 36 (27-47)	12 settimane* VISA-A media (95% CI): 76 (77-90) [■]
<i>Stevens and Tan (2014)</i> ²⁵	RCT	Regno Unito	Dolore e funzionalità con scala VISA-A + dolore con VAS 100mm	Heavy-load eccentric calf training ^A . Per 6 sett. →ripetute medie giornaliere effettuate: 166 [■]	15 (6/9)	48.2 ± 10.8	Sportivi ricreazionali (6)	6.2 ± 2.1	>75% (26.7% soddisfazione eccellente. Nessuno insoddisfatto)	VISA-A media: 49.6 ± 10.2 VAS media: 52.2 ± 15.0	6 settimane VISA-A media con intention-to-treat: 58.7 ± 13.0 VAS media con intention-to-treat: 40.4 ± 17.9
				Heavy-load eccentric calf training “do-as-tolerated” ^H per 6 settimane. →ripetute medie giornaliere effettuate: 85 [■]	13 (5/8)	49.2 ± 11.3	Sportivi ricreazionali (7)	8.9 ± 5.1	<75% (38.4% soddisfazione eccellente. Nessuno insoddisfatto)	VISA-A media: 47.1 ± 15.6 VAS media: 55.4 ± 18.4	6 settimane VISA-A media con intention-to-treat: 62.5 ± 12.8 VAS media con intention-to-treat: 31.5 ± 18.7

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Beyer et al (2015)</i> ²⁶	RCT	Copenhagen, Danimarca	Dolore e funzionalità con scala VISA-A + Dolore durante 5 <i>heel rises</i> (VAS _H) + dolore durante la corsa (VAS _R). VAS 100mm	Heavy-load eccentric calf training^A	25 (18/7)	48 ± 2	Livello medio di attività prima dell'infortuno in ore/sett. 5 ± 1	19 ± 5 (3-120)	78% [■] (12 settimane: 80%, 52 settimane: 76%)	-VISA-A media: 58 ± 3.9 -VAS _H : 19 ± 5.0 -VAS _R : 4.9 ± 5.5	12 settimane* -VISA-A media: 72 ± 3.7 -VAS _H : 12 ± 3.6 -VAS _R : 20 ± 5.7
				Heavy slow resistance training (HSR)[†]	22 (14/8)	48 ± 2	Livello medio di attività prima dell'infortuno in ore/sett. 5 ± 1	17 ± 3 (3-80)	92% [■] (12 settimane: 100%, 52 settimane: 96%)	-VISA-A media: 54 ± 3.2 VAS _H : 29 ± 5.5 -VAS _R : 54 ± 5.4	12 settimane* -VISA-A media: 76 ± 3.7 -VAS _H : 7 ± 2.4 -VAS _R : 17 ± 4.1
<i>Tumilty et al (2016)</i> ²⁷	RCT	Nuova Zelanda	Dolore e funzionalità con scala VISA-A + Dolore con scala NPRS.	Placebo + Heavy-load eccentric calf training^A	20 (9/11)	47.2 ± 8.5	Non riportato	>3 mesi, non specificato	70% (non riportato)	VISA-A media (95% CI): 56.7 (52.5, 60.9) NPRS media (95% CI): 7.4 (6.2, 8.6)	12 settimane VISA-A media (95% CI): 80.4 (75.2, 85.7) NPRS media (95% CI): 2.5 (1.0, 4.0)
				Placebo + Heavy-load eccentric calf training modificato^L	20 (7/13)	47.7 ± 10.1	Non riportato	>3 mesi, non specificato	100% (non riportato)	VISA-A media (95% CI): 56.8 (52.9, 60.8) NPRS media (95% CI): 8.6 (7.5, 9.8)	12 settimane VISA-A media (95% CI): 87.6 (83.5, 91.7) NPRS media (95% CI): 2.3 (1.1, 3.5)

Tabella 1. Caratteristiche degli studi *continua*

Nome dello studio (anno)	Disegno dello studio	Paese dello studio	Outcome	Intervento	N° Campione (M/F)	Età media	Sport (n°)	Durata media dei sintomi in mesi (range)	Compliance (soddisfazione)	Outcome all'inizio del trattamento (settimana 0)	Outcome al primo follow-up dopo il trattamento
<i>Stefansson et al (2019)</i> ²⁸	RCT	Reykjavik, Islanda	Dolore e funzionalità con scala VISA-A-IS (versione in islandese)	Heavy-load eccentric calf training modificato^M	19 (non specificato)	46.0 ± 12.9	Non riportato	28.8 ± 39.7	Non riportato	Valori specifici non riportati, VISA-A-IS media: 50 < x < 60	12 settimane* Valori specifici non riportati dedotti dal grafico, VISA-A-IS media: 70 < x < 75
				Pressure massage (compressioni ischemiche e rilascio trigger point sul soleo). 2vv. a settimana per 6 settimane, poi 1 vv. a settimana per ulteriori 6 settimane.	21 (non specificato)	42.3 ± 11.1	Non riportato	22.3 ± 8.0	Non riportato	Valori specifici non riportati, VISA-A-IS media: 55 < x < 60	12 settimane* Valori specifici non riportati dedotti dal grafico, VISA-A-IS media: x ≈ 80
				Heavy-load eccentric calf training^M + pressure massage	20 (non specificato)	46.0 ± 9.9	Non riportato	34.1 ± 40.5	Non riportato	Valori specifici non riportati, VISA-A-IS media: 50 < x < 55	12 settimane* Valori specifici non riportati dedotti dal grafico, VISA-A-IS media: 75 < x < 80

▪ Differenza statisticamente significativa fra i gruppi.

* Gli studi prevedono follow-up ulteriori successivi a quello di fine trattamento.

In sei studi l'efficacia dell'esercizio è stata confrontata con altri tipi di trattamento, mentre nei restanti studi sono stati confrontati diversi programmi di lavoro.

La modalità di esercizio terapeutico utilizzata maggiormente negli articoli inclusi risulta l'esercizio eccentrico, in particolare il protocollo detto *Heavy-load Eccentric Calf Training* (HECT) elaborato da Alfredson nel 1998¹¹. Esso è stato utilizzato in dodici dei tredici studi sia nella sua forma standard che in una forma modificata, applicato come unico trattamento o associato ad altri tipi di terapie. Gli esercizi utilizzati nelle ricerche inserite sono descritti in dettaglio nella Tabella 2. In tre studi l'HECT è stato comparato con altri tipi di esercizio. Nell'indagine di Mafi¹⁸ il gruppo di controllo esegue un programma di esercizi per il tendine d'Achille impiegando solo la fase di contrazione concentrica del muscolo. Stasinopoulos²⁴ confronta il protocollo di Alfredson con il programma di esercizio eccentrico e stretching elaborato da Stanish nel 1986. Infine, lo studio di Beyer²⁶ propone un programma di esercizi isotonici per il tricipite surale chiamato *Heavy Slow Resistance Training* (HSR). Quest'ultimo viene eseguito in palestra con sovraccarico e con un impegno giornaliero e settimanale nettamente inferiore al protocollo di Alfredson. Gli studi di Stevens²⁵ e di Tumilty²⁷, invece, confrontano l'*Heavy-load eccentric calf training* con lo stesso protocollo modificato in termini di volume; rispettivamente il primo modera le ripetizioni "a tolleranza" soggettiva del paziente, mentre il secondo riduce sia le sedute settimanali che quelle giornaliere. Quello di Tumilty è uno studio a "quattro bracci" in cui viene valutata anche l'efficacia del laser unita all'esercizio; ai fini di questa revisione sono stati considerati solo i due gruppi che paragonavano due programmi di esercizio diversi combinati con lo stesso intervento placebo (*sham laser*).

Lo studio di Silbernagel¹⁴ è l'unico a non aver utilizzato il "protocollo Alfredson" elaborando due differenti programmi di lavoro. Nel primo utilizza una progressione graduale di esercizi concentrici/eccentrici, eccentrici isolati e pliometrici, eseguiti con un modello di monitoraggio del dolore ed un feedback settimanale con il fisioterapista. Nel secondo programma fa eseguire gli stessi esercizi concentrici/eccentrici in maniera standardizzata tre volte al giorno, senza gli esercizi eccentrici isolati, senza consentire la percezione di dolore, e con un feedback minore con il fisioterapista durante il periodo di trattamento.

Gli altri studi confrontano l'esercizio ad altri tipi di terapie. L'indagine di Harrington¹⁹ propone ad entrambi i gruppi di studio un massaggio trasverso profondo del tendine d'Achille ed Ultrasuoni, aggiungendo al gruppo sperimentale l'esecuzione dell'*heavy-load eccentric calf training* (HECT). Anche Chester²² confronta l'efficacia della terapia con ultrasuoni al protocollo Alfredson, con una modifica a quest'ultimo nell'esecuzione dell'esercizio. L'effetto dell'esercizio contrapposto alla terapia fisica è indagato anche nello studio di Rompe²¹. Esso

randomizza il campione in tre gruppi, in cui paragona il protocollo Alfredson, al trattamento con onde d'urto e al miglioramento spontaneo senza nessuna terapia. Un altro studio a "tre bracci" è quello di Petersen²⁰ che confronta l'efficacia del protocollo Alfredson, modificato con una seduta giornaliera in più, a quella di un tutore per caviglia detto *AirHeel brace* e all'effetto combinato dei due trattamenti. Lo studio di Kearney²³, invece, compara l'HECT con la terapia di iniezioni di Plasma ricco in piastrine (PRP). Infine, lo studio islandese di Stefansson²⁸ sperimenta l'*Heavy-load eccentric calf training* con progressione graduale di ripetizioni, confrontandolo con un trattamento di terapia manuale, e nel terzo gruppo alla combinazione dei due.

Tabella 2. Tipi di esercizio

Intervento	Descrizione dell'esercizio
^AHeavy-load eccentric calf training^{11, 18-21, 23-25, 26, 27}	Esercizio eccentrico lento (3 secondi ogni ripetizione) per tricipite surale con l'arto infortunato su gradino. 3x15 ripetute a ginocchio esteso e 3x15 ripetute a ginocchio flessso, 2 volte al giorno, 7 giorni a settimana, per 12 settimane. Recupero 2' tra le serie e 5' tra gli esercizi. Volume totale 180 ripetizioni al giorno. Durante l'esecuzione dell'esercizio è consentito percepire dolore moderato, l'esercizio viene sospeso se il dolore diventa disabilitante. Al diminuire del sintomo viene aggiunto carico con uno zaino appesantito sulle spalle.
^BCalf training concentrico¹⁸	Esecuzione degli esercizi 2 volte al giorno, 7 giorni a settimana, per 12 settimane. <u>Settimane 1-2:</u> esercizio concentrico per tricipite surale con elastico al piede in long-sitting a ginocchio esteso, 2/3x15 ripetizioni; esercizio concentrico più specifico per soleo da seduto con ginocchio flessso a 90°, spinta sulle punte, 2/3x15 ripetizioni. <u>Settimane 3-5:</u> esercizio concentrico per tricipite surale in stazione eretta a ginocchio esteso 3x15 ripetizioni, viene eseguita solo la fase concentrica. Esercizio Step-up con avampiede su uno step per massimizzare la fase concentrica del soleo 3x1' a velocità lenta. <u>Settimane 6-12:</u> stessi esercizi delle settimane 3-5 + saltelli della corda 3-4' a velocità lenta e saltelli laterali 3x20 ripetizioni.
^CProgramma Silbernagel 1¹⁴	<u>Giorni 1-7:</u> 3x20 ripetizioni di estensione/flessione dita ed estensione/flessione plantare. 3x20sec stretching tricipite surale a ginocchio esteso e ginocchio flessso. 5x30sec equilibrio su una gamba. 5x5m di camminata sulle punte e sui talloni. 2x15 ripetizioni di spinte concentriche/eccentriche sugli avampiedi a 2 gambe (<i>concentric/eccentric toe-raises</i>). Esercizi ripetuti 3 volte al giorno. <u>Settimane 2-3:</u> stessi esercizi della prima fase ma con incremento dei <i>toe-raises</i> : 2x20 <i>regular concentric/eccentric toe-raises</i> su due gambe + 3x5x <i>concentric/eccentric toe-raises</i> su una gamba, aumentando di due ripetizioni al giorno fino a 15 ripetizioni. 10 <i>eccentric toe-raises</i> su una gamba aumentando di 2 ripetizioni ogni giorno. Stretching ai polpacci per 20 secondi. Questi esercizi sono da ripetere 2 volte al giorno. <u>Settimane 4-12:</u> Stessi esercizi della fase precedente con incremento del programma <i>toe-rise</i> : 2x20 <i>regular concentric/eccentric toe-raises</i> su due gambe, 3x15 <i>regular toe-raises on a step</i> con una gamba, 10 <i>eccentric toe-raises on a step</i> con una gamba, 3x20-100 <i>quick rebounding toe-raises</i> (esercizio pliometrico), 20'' stretching polpacci. Durante e dopo l'esecuzione degli esercizi è consentito un dolore di massimo 5 sulla scala VAS.
^DProgramma Silbernagel 2¹⁴	2x30'' stretching polpacci come il programma Silbernagel 1, 2x30 <i>regular concentric/eccentric toe-raises</i> con due gambe, 3x5 <i>concentric/eccentric toe-raises</i> con una gamba aumentando di 2 ripetizioni al giorno quando i sintomi lo consentono. Gli esercizi sono da eseguire 3 volte al giorno per 12 settimane. Durante l'esecuzione di questo programma non è permesso percepire dolore, se succedesse si dovrebbe diminuire l'intensità.

Tabella 2. continua

^EHeavy-load eccentric calf training modificato²⁰	Stessi tipi di esercizio del protocollo standard ^A ma con 3 sedute giornaliere.
^FHeavy-load eccentric calf training modificato²²	Rispetto al protocollo di Alfredson viene eseguito con 10'' di contrazione isometrica all'inizio e alla fine della fase eccentrica e viene svolto 1 volta al giorno.
^GProgramma Stanish²⁴	<p><u>Step 1</u>: riscaldamento con es. che non coinvolgono il tendine d'Achille.</p> <p><u>Step 2</u>: Stretching statico gastrocnemio e soleo 3x30'' ciascuno recupero 1'.</p> <p><u>Step 3</u>: 3x10 esercizio eccentrico tricipite surale 1 volta al giorno per 6 settimane. (dopo 6 sett. 3x10 3vv. a settimana per altre 6 sett.)</p> <p><u>Step 4</u>: Stretching statico come al punto 2.</p> <p><u>Step 5</u>: 5-10' ghiaccio sul tendine d'Achille.</p>
^HHeavy-load eccentric calf training "do-as-tolerated"²⁵	protocollo Alfredson modificato: raccomandazione di raggiungere lo stesso volume del protocollo ma possibilità di scegliere un volume minore più tollerabile. Non vengono date istruzioni sul volume minimo o massimo di ripetizioni da raggiungere.
^IHeavy slow resistance training (HSR)²⁶	<p>Protocollo di esercizi isotonici eseguito in palestra 3 volte a settimana per 12 settimane.</p> <p>Esercizio 1: spinte sugli avampiedi (<i>heel rises</i>) con due gambe da seduto con ginocchia flesse a 90° nell'apposito attrezzo <i>calf rise machine</i>.</p> <p>Esercizio 2: <i>heel rises</i> con due gambe a ginocchia estese nella <i>leg press machine</i>.</p> <p>Esercizio 3: <i>heel rises</i> con due gambe a ginocchia estese e avampiedi su un rialzo, al castello con bilanciere sulle spalle.</p> <p>Ogni esercizio viene eseguito in 3-4 serie con 2-3' di recupero tra le serie e 5' tra gli esercizi. La progressione di carico è la seguente:</p> <p>Settimana 1: 3x15 ripetizioni a 15RM.</p> <p>Settimane 2-3: 3x12 ripetizioni a 12RM.</p> <p>Settimane 4-5: 4x10 ripetizioni a 10RM</p> <p>Settimane 6-8: 4x8 ripetizioni a 8RM</p> <p>Settimane 9-12: 4x6 ripetizioni a 6RM</p> <p>Gli esercizi vanno eseguiti lentamente completando in circa 3'' la fase eccentrica e 3'' quella concentrica (6'' totali).</p>
^LHeavy-load eccentric calf training modificato²⁷	Stessi esercizi del protocollo Alfredson ma effettuati solo una volta al giorno, 2 giorni a settimana, lasciando 2-3 giorni di recupero tra una seduta di esercizi e l'altra.
^MHeavy-load eccentric calf training modificato²⁸	Stessi esercizi del protocollo Alfredson ma con una graduale progressione di ripetizioni e di sedute giornaliere per evitare l'indolenzimento muscolare delle prime settimane tipico dell'esercizio eccentrico. La progressione è la seguente; Giorni 1-2: 1x10, giorni 3-4: 2x10, giorni 5-6: 3x10, giorni 7-14: 3x15, settimane 3-12: 3x15 due volte al giorno. Alla scomparsa dei sintomi durante l'esecuzione dell'esercizio si progredisce aggiungendo peso, 5 kg alla volta.

3.3 Rischio di bias negli studi

I punteggi dati dalla valutazione della qualità metodologica degli studi sono riportati in Tabella 3 in ordine decrescente. Sei studi hanno un basso rischio di bias^{27,21,25,28,14,23}, cinque studi un moderato rischio^{24,20,18,22,26}, mentre due studi un elevato rischio di bias^{19,11}.

Tabella 3. Valutazione della qualità metodologica degli studi con la *PEDro scale*

Studi o (anno)	Criteri											Totale
	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Tumilty et al. (2016)</i> ²⁷	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	Si	Si	Si	8/10
<i>Rompe et al. (2007)</i> ²¹	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	8/10
<i>Stevens et Tan (2014)</i> ²⁵	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	7/10
<i>Stefansson et al. (2019)</i> ²⁸	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	6/10
<i>Silbernagel et al. (2001)</i> ¹⁴	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	6/10
<i>Kearney et al. (2013)</i> ²³	Si	Si	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	6/10
<i>Stasinopoulos et Manias (2013)</i> ²⁴	Si	No	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	5/10
<i>Petersen et al. (2007)</i> ²⁰	Si	Si	No	Si	No	No	No	Si	No	Si	Si	5/10
<i>Mafi et al. (2001)</i> ¹⁸	Si	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	Si	Si	5/10
<i>Chester et al. (2008)</i> ²²	Si	Si	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	5/10
<i>Beyer et al. (2015)</i> ²⁶	Si	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	Si	Si	5/10
<i>Herrington and McCulloch. (2007)</i> ¹⁹	Si	No	No	Si	No	No	No	Si	No	Si	No	3/10
<i>Alfredson et al. (1998)</i> ¹¹	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	1/10

1. I criteri di inclusione sono specificati? 2. È stata fatta la randomizzazione? 3. L'assegnazione è stata nascosta ("concealed allocation")? 4. I gruppi erano simili all'inizio dello studio? 5. Tutti i soggetti erano "in cieco"? 6. I terapeuti erano "in cieco"? 7. I valutatori degli outcome erano "in cieco"? 8. Almeno l'85% del campione ha concluso lo studio? 9. È stato fatto l'*intention-to-treat*? 10. Sono stati riportati i confronti fra i risultati dei gruppi? 11. Lo studio fornisce valori centrali e di variabilità per almeno un outcome chiave?

* Il criterio 1 non è calcolato ai fini del punteggio totale.

3.4 Risultati dei singoli studi

Lo studio di Alfredson¹¹ riporta i risultati dei due gruppi in maniera parallela senza confronto fra essi, ma solo paragonando l'effetto degli interventi con i rispettivi valori di partenza. Nel gruppo che esegue il protocollo di esercizio eccentrico, al termine delle 12 settimane, la forza dell'arto infortunato in flessione plantare concentrica ed eccentrica è aumentata significativamente rispetto ai valori pre-intervento (rispettivamente $p < 0.05$ e $p < 0.01$) e non differisce dall'arto sano in modo significativo. Il gruppo che si sottopone a chirurgia invece, al follow-up di 24 settimane, ha una forza in flessione plantare concentrica ed eccentrica dell'arto operato, significativamente minore rispetto all'arto sano; condizione che non differisce dal test pre-intervento. Tuttavia, il dolore durante la corsa misurato con la scala VAS si riduce significativamente in entrambi i gruppi (gruppo esercizio $p < 0,001$; gruppo chirurgia $p < 0.01$). Tutti i pazienti sono soddisfatti e ritornano al loro livello di attività di corsa pre-infortunio.

Nello studio di Mafi¹⁸, il dolore durante le attività migliora significativamente di più nel gruppo che esegue il protocollo *Heavy-load eccentric calf training*^A rispetto a quello che esegue il *calf training* concentrico^B ($p < 0,002$), ma progredisce in entrambi i gruppi rispetto ai valori pre-intervento (miglioramento statisticamente significativo solo nei pazienti soddisfatti del trattamento).

Nello studio di Silbernagel¹⁴ la funzionalità valutata con il *Jump test* e il *toe-rise test* migliora significativamente in entrambi i gruppi a 12 settimane e a 6 mesi ($p < 0.05$), senza una differenza statisticamente rilevante fra essi. Tuttavia, in un follow-up intermedio di 6 settimane il gruppo 2 salta significativamente più in alto con l'arto affetto rispetto al gruppo 1. Il dolore alla palpazione invece, migliora in modo significativo rispetto a prima del trattamento solo nel gruppo 1. Complessivamente il gruppo che esegue il "programma Silbernagel 1^C" mostra risultati migliori.

Nello studio di Herrington¹⁹ il gruppo che aggiunge l'*Heavy-load eccentric calf training*^A alle altre terapie, migliora significativamente di più rispetto al gruppo che esegue solo massaggio trasverso profondo ed ultrasuoni ($p = 0.014$). Entrambi i gruppi incrementano il punteggio nella scala VISA-A rispetto ai valori pretrattamento; in quello che esegue esercizio, nove pazienti su tredici raggiunge il punteggio massimo di 100, mentre nell'altro gruppo il punteggio massimo raggiunto è 84.

Nello studio di Petersen²⁰ i tre gruppi trattati rispettivamente con il protocollo di Alfredson modificato^E, l'AirHeel brace e la combinazione dei due, migliorano tutti il punteggio della scala AOFAS per la funzionalità del tendine, senza differenze significative fra loro. Anche il dolore migliora in tutti e tre i gruppi senza discrepanze statisticamente rilevanti.

Nello studio di Rompe²¹ tutti i gruppi migliorano in termini assoluti gli outcome indagati rispetto ai valori pretrattamento. Al follow-up di 16 settimane però, i partecipanti che eseguono l'*Heavy-load eccentric calf training*^A e quelli che ricevono le onde d'urto (SWT), migliorano significativamente di più il punteggio della scala VISA-A e il dolore al carico, rispetto al terzo gruppo che riceve la *wait-and-see policy*, ovvero l'attesa della guarigione spontanea ($p < 0.001$); la differenza fra i primi due gruppi non è statisticamente significativa. Tutti i partecipanti delle rispettive divisioni, dopo 16 settimane di trattamento migliorano senza discrepanze reciproche il punteggio NRS della *tenderness*, ovvero il dolore alla palpazione con una pressione di 3kg sul punto più dolente del tendine.

Nello studio di Chester²² entrambi i gruppi migliorano dolore e funzionalità dopo 12 settimane, ma non c'è differenza statisticamente significativa fra il gruppo che esegue l'HECT modificato^F e quello che riceve terapia con ultrasuoni. È da sottolineare però che sono presenti differenze demografiche rilevanti fra i due gruppi. Il gruppo che esegue esercizio infatti è più anziano, ha una proporzione di donne maggiore, ha una durata dei sintomi più lunga e ha un maggior numero di comorbidità.

Nello studio di Kearney²³, non c'è differenza statisticamente significativa nei punteggi della scala VISA-A fra il gruppo che esegue l'*Heavy-load eccentric calf training*^A e quello che riceve iniezioni di plasma ricco in piastrine (PRP); entrambi i gruppi migliorano in termini assoluti. I risultati dello studio di Stasinopoulos²⁴ mostrano che i pazienti che hanno eseguito il protocollo di Alfredson^A migliorano significativamente di più dolore e funzione rispetto a quelli che hanno realizzato il programma di Stanish^F ($p < 0.05$).

Nello studio di Stenvens²⁵ al follow-up di 6 settimane, non ci sono differenze statisticamente rilevanti nel miglioramento del punteggio della VISA-A, e del dolore con VAS, tra il gruppo che esegue il protocollo di Alfredson standard^A rispetto al gruppo che ha eseguito lo stesso protocollo con un dosaggio di esercizio a tolleranza soggettiva ("*do-as-tolerated*^H"). Tuttavia, in una valutazione intermedia a 3 settimane di trattamento, il secondo gruppo ha registrato un miglioramento statisticamente significativo rispetto al primo. Entrambi i gruppi migliorano complessivamente alla fine dell'intervento.

Lo studio di Beyer²⁶ dimostra che i trattamenti con l'HECT^A e l'*Heavy slow resistance training*^I, producono entrambi cambiamenti positivi rilevanti in dolore e funzione senza differenze statisticamente significative, sia alla fine del trattamento (12 settimane) che a lungo termine (52 settimane).

Nello studio di Tumilty²⁷ non c'è differenza statisticamente rilevante, nel miglioramento di dolore e funzione, fra il gruppo che esegue l'HECT^A e il gruppo che esegue lo stesso protocollo

solo una volta al giorno per due volte a settimana. Tuttavia, un *effect size* moderato di 0.7 è stato calcolato a favore del gruppo che esegue il regime di esercizi ridotto. Ad entrambi i gruppi viene somministrato in aggiunta anche un laser placebo spento. Tutti e due migliorano in termini assoluti rispetto a prima dell'inizio del trattamento.

Lo studio di Stefansson²⁸ mostra un miglioramento complessivo di tutti e tre i gruppi che hanno eseguito l'HECT modificato^M, terapia manuale per il trattamento dei trigger point, e la combinazione dei due interventi. Tuttavia, non ci sono differenze reciproche statisticamente significative nel punteggio della scala VISA-A-IS alla fine del periodo di trattamento.

3.5 Sintesi dei risultati

L'esercizio ha prodotto miglioramenti significativi in tutti i gruppi di studio rispetto a prima del periodo di intervento. Negli studi che hanno paragonato l'efficacia dell'esercizio ad altri trattamenti (in tutti esercizio eccentrico HECT), esso è risultato significativamente superiore all'attesa della guarigione spontanea (*wait-and-see policy*)²¹, e, unito a massaggio trasverso profondo più ultrasuoni, anche a queste due terapie isolate¹⁹. Non ci sono state differenze statisticamente significative nei miglioramenti fra il trattamento con esercizio (HECT) e: Airheel brace²⁰, Onde d'urto (SWT)²¹, ultrasuoni²², PRP²³, e pressure massage²⁸. Negli studi che hanno confrontato l'efficacia di diversi tipi e modalità di esercizio, l'HECT è risultato superiore al programma concentrico isolato¹⁸ e al "programma Stanish"²⁴. L'HECT eseguito a tolleranza soggettiva²⁵ (*do-as-tolerated*) o ridotto in volume e frequenza²⁷ ha prodotto gli stessi miglioramenti del protocollo classico. Anche il programma *Heavy-slow resistance training* (HSR) ha dato risultati paragonabili a quelli dell'HECT²⁶. Infine, i programmi "Silbernagel 1 e 2" hanno mostrato benefici simili.

CAPITOLO 4: DISCUSSIONE

4.1 Prove di efficacia

Lo scopo di questa revisione sistematica era quello di verificare l'efficacia dell'esercizio terapeutico nel trattamento della tendinopatia Achillea cronica della porzione media. L'esercizio ha prodotto il miglioramento del dolore e della funzionalità del tendine in tutti gli studi inclusi alla fine del periodo di intervento. In quelli che valutavano ulteriori follow-up, gli effetti positivi di tale trattamento si sono registrati anche nel lungo termine^{14,20,23,24,26,28}.

Sebbene ci sia stato un miglioramento complessivo, gli studi di Harrington and McCulloch¹⁹ e di Rompe et al²⁰ sono gli unici, fra quelli inclusi che confrontano l'efficacia dell'esercizio rispetto a quella di altre terapie, in cui il gruppo trattato con esso migliora significativamente di più rispetto agli altri. Nel primo studio tuttavia, l'esercizio non è isolato, ma è associato al trattamento con massaggio trasverso profondo del tendine ed ultrasuoni. Inoltre, esso non è randomizzato, perciò il risultato è incline a possibili distorsioni. Lo studio di Rompe²⁰ invece, ha un'elevata qualità metodologica sebbene abbia un *sample size* inferiore a quello ideale per produrre un'adeguata analisi statistica (25 pazienti per gruppo vs 140 ideali calcolati). In esso il gruppo trattato con esercizio migliora significativamente rispetto al gruppo che attende la guarigione spontanea, ma non rispetto a quello che viene trattato con onde d'urto ("SWT"). Negli altri studi il trattamento con esercizio non risulta significativamente migliore del trattamento con "AirHeel brace"²⁰, Ultrasuoni²², "PRP"²³ e *Pressure massage*²⁸. Tuttavia, anche in questi studi i risultati dovrebbero essere interpretati con cautela. Premesso che il limite della somministrazione dell'esercizio come trattamento è che non permette di mettere il fisioterapista "in cieco", nessuno degli ultimi studi citati è stato eseguito con l'allocazione nascosta e la cecità dei soggetti. Due di essi inoltre, non hanno i valutatori degli outcome "in cieco"^{20,23}. Negli studi di Petersen²⁰ e di Stefansson²⁸ il terzo gruppo effettua la combinazione dei trattamenti somministrati agli altri due, e data la mancanza di cecità da parte dei pazienti questo avrebbe potuto essere un contributo placebo in più nella riuscita del trattamento. Nonostante ciò, in entrambi gli studi, il gruppo che subisce i due interventi combinati non migliora di più rispetto a quelli che effettuano un solo trattamento. In essi inoltre non vengono riportati i valori esatti dei risultati di ogni gruppo. Lo studio di Stefansson è il più recente (2019) e basa il suo rationale sul fatto che il trattamento muscolare dei trigger e tender points possa diminuire la tensione sul tendine d'Achille e promuoverne la guarigione. I risultati sono comparabili a quelli dati dall'esercizio ma non esistono ancora altri studi randomizzati che indagano questo tipo di trattamento e sono necessari studi futuri per confermarne l'efficacia.

Gli studi di Chester et al²² e Kearney et al²³ sono studi pilota e coinvolgono un campione molto piccolo.

In tutte le indagini appena citate, il tipo di esercizio utilizzato è stato quello eccentrico, col protocollo *Heavy-load eccentric calf training*^A descritto da Alfredson nel suo studio del 1998¹¹; in tre di queste il programma è stato eseguito con delle varianti di volume²⁰, di esecuzione²², e di intensità²⁸.

Il trial clinico di Alfredson et al¹¹ è quello più datato, fra quelli inclusi, che indaga l'efficacia dell'esercizio eccentrico nella tendinopatia achillea cronica. Nella sua ricerca non fa un confronto statistico tra i gruppi, ma dimostra in modo parallelo che l'esercizio eccentrico è una valida alternativa all'intervento chirurgico, e che produce un miglioramento a breve termine della forza e del dolore nell'arto affetto. Nonostante la bassissima qualità metodologica di questo studio, la maggior parte delle ricerche successive a quella di Alfredson hanno verificato l'efficacia dell'esercizio eccentrico utilizzando il suo protocollo.

Gli altri trial clinici inclusi in questa revisione confrontano l'effetto di diversi interventi di esercizio. In due di essi, l'*Heavy-load eccentric calf training* (HECT) risulta più efficace di un programma di esercizi solo concentrici¹⁸ e di un programma di esercizi eccentrici e stretching ("programma Stanish")²⁴. Entrambi gli studi hanno delle lacune. Nel primo viene misurato solo l'outcome dolore con la scala VAS senza valutare la funzione. Uno studio ha verificato che la scala VAS ha una scarsa affidabilità test-retest per la tendinopatia achillea della porzione media ($r=0.45$)¹⁴ ed inoltre non riesce a riconoscere l'influenza del carico³⁵. Il secondo studio invece ha lo svantaggio metodologico di non essere randomizzato.

Il protocollo HECT raccomanda di eseguire 180 ripetizioni di esercizio giornaliere 7 giorni a settimana, ma non c'è un forte razionale che sta alla base di un tale volume di esercizio. Inoltre, nello studio di Alfredson i pazienti sono tutti atleti, abituati quindi all'esercizio fisico. Sulla base di ciò nel 2014 Stevens and Tan, includendo nel loro studio anche persone non sportive, dimostrano che il gruppo che esegue l'HECT con un volume di ripetizioni a tolleranza soggettiva, produce gli stessi miglioramenti rispetto a quello che esegue il protocollo standard²⁵. Il gruppo che effettua il programma "*do-as-tolerated*" raggiunge un volume medio di circa 85 ripetizioni al giorno, ben sotto alla soglia del 75% delle 180 raccomandate. Nonostante ciò i miglioramenti sono simili. Questo implica che i pazienti che mostrano una compliance ridotta al voluminoso protocollo di Alfredson, possono comunque beneficiare di esso con un programma ridotto.

Nel 2016 Tumilty et al comparano l'efficacia dell'HECT eseguito solo una volta al giorno per due volte a settimana, con quella dello stesso protocollo eseguito in maniera classica²⁷. Il loro

razionale si fonda sull'evidenza che gli effetti dell'esercizio che stimolano il rimodellamento del tendine raggiungono il loro picco dopo 72 ore^{32,33}, il che non giustifica la frequenza bi-giornaliera del protocollo classico di Alfredson. A dimostrazione di ciò, il gruppo che esegue solo due sedute settimanali migliora tanto quanto quello che effettua il programma HECT a pieno regime; i cambiamenti nel punteggio della scala VISA-A, sono comparabili con quelli degli studi simili precedenti^{19,21,25}. L'indagine di Tumulity ha un basso rischio di bias con un punteggio della scala di Pedro di 8/10. Essa coinvolge interamente quattro gruppi, dei quali sono stati considerati solo i due a cui venivano somministrati i programmi di esercizio uniti ad un laser placebo. È da evidenziare però, per spunti futuri, che tra i quattro gruppi l'unico che produce miglioramenti statisticamente significativi, è quello che esegue l'HECT ridotto di volume e di frequenza unito alla vera laserterapia.

Nello studio del 2015 Beyer et al dimostrano che un programma di esercizi isotonici per il tendine d'Achille, quindi con entrambe le componenti eccentrica e concentrica, eseguito con sovraccarico in palestra, produce miglioramenti simili a quelli dell'HECT standard²⁶ nelle persone con tendinopatia achillea. Anche questo, chiamato *Heavy slow resistance training* (HSR) e descritto in tabella 2, ha un volume notevolmente minore del protocollo classico di Alfredson. Gli autori infatti, hanno stimato che l'HSR impegna un tempo settimanale di 107 minuti totali, contro i 308 minuti dell'HECT. Ciò ricade sulla soddisfazione dei pazienti che si registra a favore del programma in palestra di Beyer. Anche questo tipo di esercizi tuttavia, sembra più adatto a persone sportive o abituate all'attività fisica, poiché richiede un'esecuzione tecnica più accurata. A conferma di ciò, il campione dello studio di Beyer dichiara un'attività fisica media prima dell'infortunio di 5 ore a settimana.

Lo studio di Silbernagel et al del 2001 è l'unico, fra quelli inclusi in questa revisione, che mette a confronto due programmi di esercizio diversi dal protocollo di Alfredson. Entrambi contengono esercizi isotonici a carico naturale che producono miglioramenti del dolore e della funzione del tendine d'Achille. Il gruppo 1 esegue anche esercizi pliometrici, eccentrici isolati, ha istruzioni per monitorare il dolore e ha un feedback con il fisioterapista più frequente del gruppo 2. I risultati sono statisticamente simili ma il gruppo che esegue il "programma Silbernagel 1^C" mostra complessivamente risultati migliori. Al follow-up di 1 anno è stato somministrato un questionario separato da cui emerge che il gruppo 1 è significativamente più soddisfatto, percepisce un maggior recupero fisico, e ha meno (o nessuno) dolore durante l'attività fisica.

Solo tre studi di questa revisione registrano la compliance dei pazienti al trattamento^{25,26,27}. Quella rilevata nella ricerca di Stevens and Tan è stata discussa in precedenza. Negli studi di

Beyer e di Tumilty invece, la compliance è maggiore nei gruppi che eseguono un programma di lavoro con frequenza settimanale ridotta rispetto a quelli che si esercitano tutti i giorni.

In quattro studi è stato permesso ai pazienti di continuare la loro attività sportiva durante il periodo di intervento, ma solo se veniva eseguita senza dolore con un fastidio moderato^{18,19,26,27}; lo studio di Beyer ha consentito ciò solo dopo la terza settimana di trattamento. Una ricerca ha dimostrato che tenendo monitorato il dolore con un modello apposito, non ci sono effetti negativi nel continuare le attività di corsa o salti durante il trattamento della tendinopatia achillea³⁷.

Nella pratica clinica dunque, l'esercizio può essere utilizzato come mezzo efficace per il trattamento della tendinopatia Achillea cronica. Il suo utilizzo è vantaggioso poiché la persona assistita può eseguirlo in autonomia una volta appresa la tecnica di esecuzione, limitando il rapporto frontale col fisioterapista a supervisioni periodiche più dilazionate. Ciò implica un risparmio economico da parte del paziente rispetto alla scelta di trattamenti di pari efficacia come le onde d'urto, gli ultrasuoni, il PRP, e il "pressure massage". Dai risultati di questa revisione si è appreso che diversi programmi di esercizio hanno la stessa efficacia. Dunque, questo metodo di trattamento può essere adattato ai mezzi disponibili e alle attitudini della persona assistita. Se il paziente in carico non dovesse essere *compliant* verso un programma di lavoro, allora si potrebbe optare per altre terapie più "passive" come quelle citate sopra.

Nel processo di ricerca non è stato trovato nessuno studio che indagasse l'efficacia dell'esercizio isometrico nella tendinopatia achillea. In letteratura è presente uno studio randomizzato, sebbene con un campione molto ridotto, che mostra come l'esercizio isometrico nella tendinopatia rotulea riduca immediatamente il dolore fino quasi ad azzerarlo; l'effetto permane per 45' ma non è verificato l'effetto ad un termine più lungo³⁸. Uno spunto per il futuro è indagare se questa modalità di esercizio sia efficace anche nella tendinopatia achillea e se sia superiore alle altre modalità verificate. Un'altra ricerca interessante per indagini future è quella di Rio et al³⁹. In questa revisione narrativa gli autori propongono l'esecuzione degli esercizi nelle tendinopatie con un focus esterno che consente un feedback visivo/uditivo. In questo modo secondo la loro teoria si andrebbe a ri-modulare correttamente il controllo motorio dei muscoli, che risultava alterato dalla cronicità del dolore, e a ripristinare il corretto pattern di movimento; cosa che secondo loro non avverrebbe con l'esercizio senza focus esterni. Essi propongono un esercizio contro resistenza guidato da un metronomo che scandisce i secondi sotto tensione muscolare chiamato *tendon neuroplastic training*. Questa revisione narrativa può essere utile per spunti futuri, per indagare con studi randomizzati controllati se l'effetto di questa modalità di esercizio sia più efficace di quella senza feedback esterni.

4.2 Limiti della revisione

Un limite di questa revisione è la mancanza di affidabilità inter-operatore e intra-operatore. Trattandosi di una tesi di laurea infatti, tutto il processo di ricerca, selezione degli studi, estrazione dei dati, e valutazione critica degli studi, è stato eseguito individualmente da una sola persona senza ripetizioni successive. Per lo stesso motivo non è stato eseguito neanche un protocollo di revisione e la sua registrazione. Un altro limite è quello di aver eseguito la sintesi dei risultati in modo narrativo, senza una valutazione qualitativa delle evidenze, per esempio con il metodo GRADE.

Nello studio incluso di Petersen et al²⁰ tutti gli autori hanno ricevuto dei fondi per la ricerca dall'azienda produttrice del tutore Airheel brace. Questo crea un potenziale conflitto di interessi che potrebbe aver influito sulla validità dei risultati. Un altro limite che riguarda gli studi inclusi è l'eterogeneità degli strumenti di valutazione degli outcome. In questa revisione sono stati inclusi gli studi che utilizzassero qualsiasi misura di outcome di dolore e funzione. Tuttavia, secondo l'opinione di esperti (livello di evidenza 5) la scala VISA-A è l'unico strumento di valutazione valido e affidabile per valutare il dolore e la funzione nella tendinopatia achillea³⁴.

4.3 Conclusioni

In tutti gli studi inclusi in questa revisione, l'esercizio terapeutico ha dimostrato di produrre miglioramenti significativi del dolore e della funzione nelle persone affette da tendinopatia achillea cronica della porzione media. L'esercizio eccentrico, nella modalità del "protocollo Alfredson", è stato il più utilizzato. Anche se da solo non ha prodotto differenze statisticamente significative rispetto all'utilizzo di altre terapie, esso è sicuramente una valida opzione di trattamento. Rispetto ad altri tipi di esercizio, il protocollo eccentrico di Alfredson si è manifestato superiore solo ad un programma di esercizi concentrici isolati e al programma di Stanish^{18,24}. Studi successivi hanno dimostrato che tale protocollo può apportare gli stessi benefici anche con una riduzione di volume e/o frequenza, e quindi essere adattato anche alle persone meno *complianti* verso una grande mole di attività fisica^{25,27}.

Quello eccentrico isolato, quindi, è stato l'esercizio più studiato dalla comunità scientifica per il trattamento della tendinopatia achillea. Tuttavia, altri studi più recenti e non dimostrano che si possono utilizzare anche tipi di esercizio ugualmente validi. I programmi di Silbernagel contengono esercizi misti, che migliorano il dolore e incrementano la funzionalità del tendine¹⁴. Il programma di Beyer, invece, è il più moderno; i suoi esercizi isotonici con sovraccarico in palestra producono miglioramenti equiparabili al protocollo eccentrico isolato di Alfredson²⁶.

In conclusione, in tutti gli studi c'è evidenza dell'efficacia dell'esercizio nel trattamento della tendinopatia achillea cronica della porzione media. Esso può essere eseguito in autonomia dal paziente dopo averne appresa la tecnica, il che apporta un vantaggio economico rispetto ad altri trattamenti di pari efficacia come le onde d'urto, gli ultrasuoni, il PRP, e il "pressure massage". L' Airheel brace appare un mezzo di trattamento conservativo con lo stesso effetto dell'esercizio eccentrico, ma considerati i limiti dello studio sono necessarie ulteriori indagini per verificarne l'efficacia. L'uso dell'esercizio come trattamento permette di scegliere fra modalità ugualmente valide come il protocollo eccentrico di Alfredson (a pieno regime o ridotto) o il programma isotonico di Beyer. Scegliere la forma e la quantità di esercizio adattandoli alla persona sul modello biopsicosociale può migliorare la *compliance* e l'esito del trattamento.

BIBLIOGRAFIA

1. Cook JL, Khan KM, Purdam C. Achilles tendinopathy. *Manual Therapy*. 2002; 7(3): 121–130.
2. Zafar MS, Mahmood A, Maffulli N. Basic Science and clinical aspects of Achilles tendinopathy. *Sports Medicine and Arthroscopy Review*. 2009; 17(3): 190-197.
3. Cook JL, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2009 Jun; 43(6):409-16.
4. Scott A, Cook JL, Hart DA, et al. Tenocyte responses to mechanical loading in vivo: A role for local IGF-I signaling in early tendinosis. *Arthritis and Rheumatism*. 2007 Mar; 56(3):871-81.
5. Ohberg L, Lorentzon R, Alfredson H. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalized tendon structure and decreased thickness at follow up. *Br J Sports Med*. 2004; 38:8–11.
6. Silbernagel KG, Gustavsson A, Thomeé R, et al. Evaluation of lower leg function in patients with Achilles tendinopathy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006; 14:1207–17.
7. Rio E, Moseley L, Purdam C, et al. The pain of tendinopathy: physiological or pathophysiological? *Sports Med*. 2014; 44:9–23.
8. Cook JL, Malliaras P, De Luca J, Ptasznik R, Morris M. Vascularity and pain in the patellar tendon of adult jumping athletes: a 5-month longitudinal study. *Br J Sports Med*. 2005; 39:458-461.
9. Bjur D, Alfredson H, Forsgren S. The innervation pattern of the human Achilles tendon: studies of the normal and tendinosis tendon with markers for general and sensory innervation. *Cell tissue Res*. 2005; 320: 201-206.
10. Stanish WD, Rubinovich RM, Curwin S. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clin Ortho Relat Res*. 1986; 208:65-68.
11. Alfredson H, Pietilä T. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am J Sports Med*. 1998; 26:360-366.
12. Lanberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, et al. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with Achilles tendinosis. *Scand J Med Sci Sports*. 2007; 17:61-66.

13. Maffulli N, Ewen SW, Waterston SW, Reaper J, Barrass V. Tenocytes from ruptured and tendinopathic Achilles tendons produce greater quantities of type III collagen than tenocytes from normal Achilles tendons: an in vitro model of human tendon healing. *Am J Sports Med.* 2000; 28:499-505.
14. Silbernagel KG, Thomee R, Thomee P, Karlsson J. Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain--a randomized controlled study with reliability testing of the evaluation methods. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11:197–206.
15. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 2009; 339: b2700.
16. De Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Australian Journal of Physiotherapy.* 2009; 55(2): 129 - 133.
17. Alfredson H, Pietilä T, Öhberg L, et al. Achilles tendinosis and calf muscle strength. The effect of short-term immobilization after surgical treatment. *Am J Sports Med.* 1998; 26: 166–171.
18. Mafi N, et al. Superior short-term results with eccentric calf muscle training compared to concentric training in a randomized prospective multicenter study patients with chronic Achilles tendinosis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.* 2001; 9: 42 – 47.
19. Herrington L and McCulloch R. The role of eccentric training in the management of Achilles tendinopathy: a pilot study. *Physical Therapy in Sport.* 2007 Nov; 8(4):191-196.
20. Petersen W et al. Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both. *Am J Sports Med.* 2007; 35(10): 1659-1667.
21. Rompe JD, et al. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo achillis: a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine.* 2007 Mar; 35(3): 374-383.
22. Chester R, et al. Eccentric calf muscle training compared with therapeutic ultrasound for chronic Achilles tendon pain -- a pilot study. *Manual Therapy.* 2008 Dec;13(6): 484-491.

23. Kearney RS, et al. Achilles tendinopathy management: a pilot randomized controlled trial comparing platelet-rich plasma injection with an eccentric loading program [with consumer summary]. *Bone & Joint Research*. 2013 Oct; 2 (10): 227-232.
24. Stasinopoulos D and Manias P. Comparing two eccentric exercise programs for the management of Achilles tendinopathy. A pilot trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2013 Jul; 17(3): 309-315.
25. Stevens M and Tan CW. Effectiveness of the Alfredson protocol compared with a lower repetition-volume protocol for midportion Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial [with consumer summary]. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*. 2014 Feb; 44(2): 59-67.
26. Beyer R, et al. Heavy slow resistance versus eccentric training as treatment for Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*. 2015 Jul; 43(7): 1704-1711.
27. Tumilty S, et al. Photobiomodulation and eccentric exercise for Achilles tendinopathy: a randomized controlled trial. *Lasers in Medical Science*. 2016 Jan; 31(1): 127-135.
28. Stefansson SH, et al. Using pressure massage for Achilles tendinopathy: a single-blind, randomized controlled trial comparing a novel treatment versus an eccentric exercise protocol. *Orthopedic Journal of Sports Medicine*. 2019 Mar; 7(3): 2325967119834284.
29. Alfredson H, Pietilä T, Lorentzon R. Chronic Achilles tendinitis and calf muscle strength. *Am J Sports Med*. 1996; 24: 829-883.
30. Robinson JM, Cook JL, Purdam C, et al. The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2001; 35: 335-341.
31. De Marchi A, Pozza S, Cenna E, Cavallo F, Gays G, Simbula L, De Petro P, Massè A, Massazza G. In Achilles tendinopathy, the neovascularization, detected by contrast-enhanced ultrasound (CEUS), is abundant but not related to symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Jul; 26(7): 2051-2058.
32. Langberg H, Rosendal L, Kjaer M. Training-induced changes in peritendinous type I collagen turnover determined by microdialysis in humans. *J Physiol*. 2001; 543(1): 297-302.
33. Langberg H, Skovgaard D, Asp S, Kjaer M. Time pattern of exercise induced changes in type I collagen turnover after prolonged endurance exercise in humans. *Calcif Tissue Int*. 2000; 67(1): 41-44.

34. Murphy M, Rio E, Debenham J, et al. Evaluating the progress of mid-portion Achilles tendinopathy during rehabilitation: a review of outcome measures for self-reported pain and function. *Int J Sports Phys Ther.* 2018; 13:283–92.
35. Murphy MC, Travers MJ, Chivers P, et al. Efficacy of heavy eccentric calf training for treating mid-portion Achilles tendinopathy: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2019; 0:1-9.
36. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *BMJ.* 2009; 339: b2535.
37. Silbernagel KG, Thomeé R, Eriksson BI, Karlsson J. Continued sports activity, using a pain-monitoring model, during rehabilitation in patients with Achilles tendinopathy: a randomized controlled study. *Am J Sports Med.* 2007 Jun; 35(6):897-906.
38. 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.
39. Rio E, Kidgell D, Moseley GL, Gaida J, Docking S, Purdam C, Cook J. Tendon neuroplastic training: changing the way we think about tendon rehabilitation: a narrative review. *Br J Sports Med.* 2016 Feb; 50(4):209-15.