



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

Dipartimento di Neuroscienze, Riabilitazione, Oftalmologia, Genetica e Scienze Materno-Infantili

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

Effetti della contrazione isometrica nella tendinopatia rotulea. Revisione sistematica della letteratura.

Candidato:

Dott.ssa Laura Colombo, FT

Relatore:

Dott. Pietro Graziani, FT, OMPT

INDICE

ABSTRACT	1
1 BACKGROUND	3
1.1 Tendinopatia rotulea.....	3
1.2 Trattamento tendinopatia rotulea	8
1.3 Scopo della tesi.....	10
2 MATERIALI E METODI	11
2.1 Premessa	11
2.2 Obiettivo e quesito di ricerca	11
2.3 Strategia di ricerca degli studi	11
2.4 Criteri di selezione degli studi	13
2.5 Selezione degli studi	14
2.6 Valutazione della qualità degli studi inclusi	15
3 RISULTATI	16
3.1 Selezione degli studi.....	16
3.2 Caratteristiche e sintesi degli studi	17
3.3 Rischio di bias negli studi.....	26
3.5 Sintesi dei risultati	33
4 DISCUSSIONE	39
5 CONCLUSIONI	47
6 KEY POINTS	48
7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	49
RINGRAZIAMENTI	54

ABSTRACT

Tipo di studio

Revisione sistematica della letteratura.

Background

La tendinopatia rotulea è un disturbo muscoloscheletrico che si verifica comunemente nei giovani atleti e può diventare molto debilitante; il trattamento di questa patologia è prevalentemente conservativo e basato sull'esercizio terapeutico. La modalità di contrazione più studiata è quella eccentrica; tuttavia, alcuni studi considerano la contrazione isometrica come un'alternativa alla contrazione eccentrica, soprattutto negli atleti che sono nella stagione sportiva che, continuando l'attività sportiva, potrebbero non tollerare il carico prodotto dalla contrazione eccentrica, per cui risultano necessari dei programmi alternativi.

Obiettivi

Indagare e determinare, tramite analisi della letteratura, i principali effetti prodotti dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea.

Metodi

La revisione è stata condotta secondo le linee guida PRISMA. A settembre 2021 è stato quindi prodotto un protocollo PRISMA. La ricerca è stata eseguita consultando MEDLINE, PEDro e Cochrane Library tramite stringhe di ricerca appositamente costruite per ogni database, l'ultima ricerca è avvenuta in data 06/03/2022. Sono stati inclusi esclusivamente studi cross-over randomizzati e studi randomizzati controllati (RCT) che esaminassero gli effetti prodotti dalla contrazione isometrica in soggetti con tendinopatia rotulea. La selezione degli studi è avvenuta tramite lettura del titolo, dell'abstract e infine del full-text, valutando l'appropriatezza ai criteri d'inclusione precedente stabiliti nel protocollo PRISMA della revisione; un unico valutatore ha eseguito la selezione degli studi. La qualità degli studi selezionati per la revisione è stata esaminata tramite il Rob 2.0. infine, è stata eseguita una sintesi descrittiva e qualitativa dei dati.

Risultati

La ricerca nei database ha prodotto 105 risultati. Di questi, solo 7 articoli sono risultati idonei ai criteri d'inclusione della revisione. Il rischio di bias degli studi inclusi nella revisione è risultato moderato, con un solo studio con rischio di bias basso. Il principale effetto prodotto dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea risulta essere una riduzione del dolore immediata, una riduzione del dolore si osserva anche con un programma di trattamento isometrico di 4 settimane. La contrazione isometrica non sembra invece produrre una modifica della morfologia del tendine rotuleo anche se quest'ultima non risulta necessaria per ottenere un miglioramento della sintomatologia. Non sembrano inoltre esserci grosse differenze tra gli effetti prodotti dalla contrazione isometrica se confrontata con una contrazione isotonica. Gli altri effetti rilevati da un singolo studio non sono invece da considerare rilevanti per il momento.

Conclusioni

Vista la presenza di pochi studi presenti in letteratura e le ridotte dimensioni dei campioni esaminati, i risultati della revisione sono da considerare con cautela. La presente revisione è in accordo con le evidenze già presenti in letteratura sull'argomento: il maggior effetto prodotto dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea sembra essere una riduzione del dolore a breve termine e anche dopo programmi di trattamento isometrico di 4 settimane. Tuttavia, per determinare gli effetti prodotti dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea con più certezza, precisione e rilevanza sono necessari ulteriori studi con campioni di dimensioni maggiori.

1 BACKGROUND

1.1 Tendinopatia rotulea

Introduzione

La tendinopatia rotulea è un disturbo muscoloscheletrico cronico che colpisce il ginocchio ed è legato ad una gestione non corretta del carico meccanico (1) (2) (3).

Nelle tendinopatie si può infatti verificare una condizione di sovraccarico (overload) oppure di riduzione del carico (underload); in particolare la tendinopatia rotulea è spesso legata ad un ripetitivo ed eccessivo sovraccarico del meccanismo estensorio del ginocchio (3).

Questa patologia si verifica comunemente nei giovani atleti (15-30 anni) che praticano sport in cui vengono richiesti continui salti esplosivi (pallavolo, basket, atletica, calcio, tennis), motivo per cui è anche conosciuta come “ginocchio del saltatore” o “jumper’s knee” (1) (3). In questi sport è infatti richiesta un’elevata potenza per saltare, atterrare, ruotare, cambiare direzione, attività che richiedono un ripetitivo immagazzinamento e rilascio di energia da parte del tendine rotuleo.

La tendinopatia rotulea è stata ampiamente studiata nella popolazione sportiva; tuttavia, recentemente, alcuni studi hanno individuato la presenza di questa patologia anche in soggetti non sportivi: sembrerebbe associata ad obesità, sovrappeso e ad un’altezza maggiore anche se sono necessari più studi che indaghino ulteriormente la prevalenza della tendinopatia rotulea nella popolazione non sportiva (4).

La prevalenza di tendinopatia rotulea negli atleti d’élite si aggira complessivamente intorno al 14,2% con variazioni significative a seconda dello sport praticato (in particolare con prevalenza del 44,6% per pallavolo e 31,9% per basket); tra gli atleti non d’élite la prevalenza complessiva della patologia è dell’8,5% sempre con differenze a seconda dei vari sport (prevalenza del 14,4% nei pallavolisti) (5); negli atleti uomini il jumper’s knee sembra essere quasi due volte più comune rispetto alle atlete donne sia per gli atleti d’élite che per gli atleti non d’élite (1) (5).

Diagnosi e clinica

La diagnosi di tendinopatia rotulea è prevalentemente basata sull’anamnesi e sull’esame clinico. Il ruolo dell’imaging (ecografia e risonanza magnetica) invece è alquanto limitato nelle tendinopatie, in quanto non direttamente correlato ai sintomi (6); l’imaging può però risultare

utile nella diagnosi differenziale (6).

Questa patologia si presenta tipicamente con dolore nella parte anteriore del ginocchio in corrispondenza del polo inferiore della rotula e sull'estremità prossimale del tendine rotuleo (3). Questo dolore è correlato al carico e all'attività: negli stadi iniziali, si manifesta a inizio e fine attività ma, negli stadi successivi, è presente anche durante le attività e a riposo (3) (7).

Durante l'esame obiettivo il dolore si presenta durante la palpazione del tendine rotuleo ed è maggiore quando il ginocchio è in massima estensione mentre diminuisce a ginocchio flesso; possono essere rilevati anche una debolezza del quadricipite e una tensione di quadricipite e hamstrings (8).

Un test che può essere utilizzato per riprodurre la sintomatologia è il "Single leg decline squat test" (SLDS) che produce un carico notevole sul tendine rotuleo, provocando l'insorgenza del dolore (8).

Questa patologia riduce la funzionalità nelle attività sportive e nella vita quotidiana (es. saltare, correre, salire o scendere le scale) (3) (7).

È evidente che questa patologia può diventare molto debilitante, soprattutto negli atleti poiché può compromettere la carriera atletica dei giocatori professionisti ed avere un impatto sulle prestazioni atletiche (9).

Patogenesi

L'immagazzinamento e il rilascio di energia da parte dei tendini degli arti inferiori sono delle caratteristiche chiave per ottenere buone prestazioni a ridotto consumo energetico; tuttavia, la ripetizione di queste attività in allenamenti intensi e/o senza un corretto periodo di riposo tra le sessioni di allenamento che consenta un rimodellamento può indurre una tendinopatia e il cambiamento delle proprietà meccaniche del tendine (9).

La patogenesi del dolore tendineo nelle fasi iniziali è ancora poco conosciuta, infatti, i cambiamenti tendinei sono tipicamente progressivi ma spesso asintomatici inizialmente (10). In seguito ad una rottura franca del tendine, ad esempio a causa di un sovraccarico, nella fase acuta si possono trovare segni di infiammazione con rilascio di citochine e fattori immunomodulanti che causano proliferazione cellulare e degenerazione della matrice extracellulare con necrosi. Questa fase iniziale può essere considerata il preludio della condizione clinica ed è caratterizzata da tentativi di guarigione (10).

Quando la quantità di cellule infiammatorie derivate dal sovraccarico e dallo stress meccanico diventa rilevante, inizia a crearsi uno squilibrio tra fattori pro-infiammatori che porta a degradazione della matrice extracellulare e dei fattori protettivi (Sostanza P, glutammato, COX-2 e PGE-2); questo squilibrio causa l'insorgenza del dolore (10). Quindi, senza l'infiammazione iniziale, il processo di guarigione e le successive modificazioni che caratterizzano le tendinopatie croniche non possono avere luogo (10) (11).

Nella fase infiammatoria iniziale, che dura circa 24 ore, le piastrine e le cellule infiammatorie (neutrofili, eritrociti, monociti e macrofagi) migrano nel sito della ferita e sono responsabili dello stato di infiammazione (11) (12).

Nella fase di riparazione, i tenociti migrano gradualmente verso le lesioni tissutali e viene avviata la sintesi del collagene di tipo III; questa fase dura per alcune settimane (11) (12).

Dopo circa 6 settimane, inizia la fase di rimodellamento, che può essere suddivisa a sua volta in una fase di consolidamento e in una fase di maturazione; nella fase di rimodellamento si ha un'elevata percentuale di sintesi di collagene di tipo I (11) (12).

Il carico meccanico è fondamentale per il tendine ma deve essere moderato, così facendo si producono degli adattamenti nel tessuto tendineo che portano ad un aumento della forza tensile del tendine, della sintesi di collagene, della differenziazione tenogena e della cross-sectional area (12).

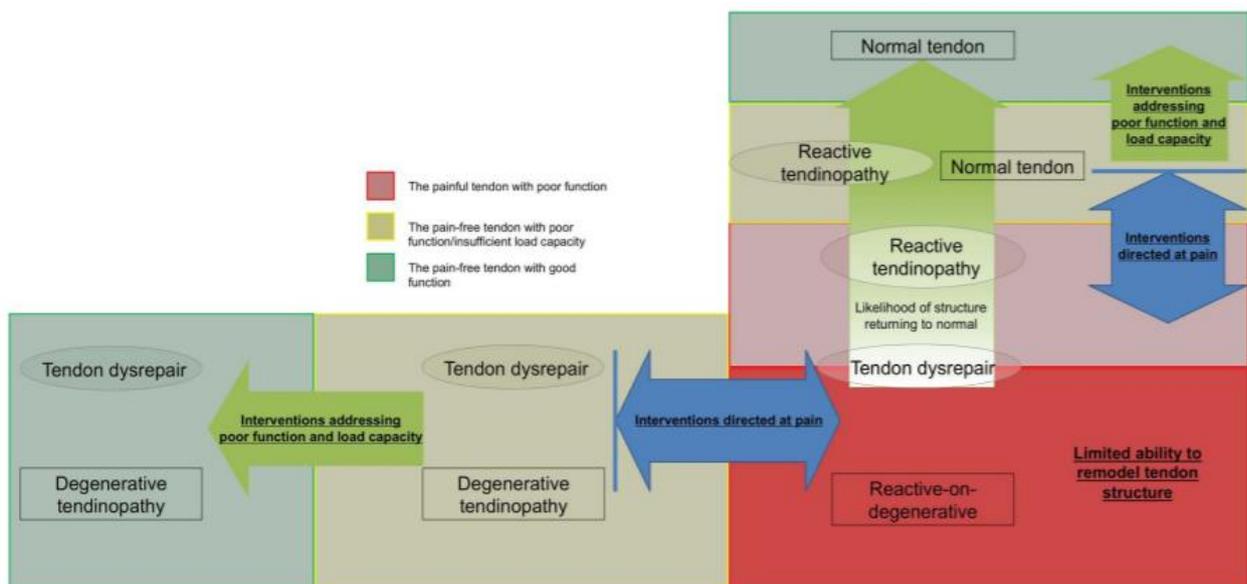
Se invece il carico è ridotto si avrà: riduzione della forza tensile, aumento della degradazione di collagene, diminuzione dell'organizzazione del collagene, diminuzione dei marker dei tenociti, aumento delle citochine pro-infiammatorie mentre il contenuto dei glicosaminoglicani (GAG) rimane invariato (12).

Se il carico è eccessivo (patologico) produrrà: diminuzione della forza tensile, aumento della degradazione del collagene, diminuzione dell'organizzazione del collagene, aumento della differenziazione anomala, aumento della cross-sectional area, aumento della vascolarizzazione, aumento della produzione di GAG e aumento delle citochine pro-infiammatorie (12).

Secondo Cook et al. (13) sono presenti delle fasi progressive nello sviluppo delle problematiche del tendine. Nell'*Immagine 1* è indicato che il tendine sano può andare incontro a dei cambiamenti legati alle variazioni del carico: quando c'è un carico eccessivo si può andare incontro ad una fase reattiva del tendine e se questo carico persiste nel tempo può condurre ad una degenerazione tissutale fino ad arrivare ad una disorganizzazione del tessuto tendineo irreversibile (tendon dysrepair) (13).

Se nella fase reattiva iniziale si adatta il carico allora è possibile, anche a livello istologico, tornare ad un tendine fisiologico. Nel caso in cui invece si sia già prodotta una tendon dysrepair diventa impossibile ritornare ad un tessuto istologicamente sano, ma sarà comunque possibile adattare il carico affinché la porzione di tessuto integra possa supplire funzionalmente alle parti degenerate in modo che il tendine torni alla sua funzione pur rimanendo parzialmente danneggiato (13). Quindi avverrà un fallimento della guarigione del tendine, il quale sarà in continuo rimaneggiamento in relazione al carico a cui viene sottoposto.

Immagine I (13)



Rapporto patologia-dolore

Bisogna considerare che il rapporto tra dolore e patologia tissutale non è ancora chiaro: sembrerebbe che la presenza di patologia tendinea e la presenza di anomalie ecografiche possa predisporre ad un futuro dolore anche se l'aumento del rischio non è di grandi dimensioni (6) (14) (15); inoltre, le evidenze che la patologia tissutale sia correlata alla prognosi, sono limitate (6) (14).

Bisogna quindi avere cautela nell'utilizzo dell'imaging: l'imaging è utile per visualizzare la struttura e quindi la presenza di patologia ma non è così rappresentativa del quadro clinico e non dovrebbe essere usata come unico criterio diagnostico per determinare se la sintomatologia è generata da un danno tendineo (6).

Fattori di rischio

La conoscenza dei fattori di rischio che predispongono ad una tendinopatia rotulea è fondamentale per sviluppare dei programmi preventivi di riabilitazione.

Sono stati ipotizzati numerosi fattori di rischio per lo sviluppo di una tendinopatia rotulea, tuttavia le evidenze presenti in letteratura sono scarse (16) (17).

Sono presenti alcune evidenze, seppur basse, per i seguenti fattori di rischio (16) (17): sovrappeso, altezza maggiore, eterometria degli arti inferiori, iperpronazione di piede, ridotta flessibilità muscolare di quadricipite e hamstrings, ridotta forza del quadricipite, riduzione della dorsiflessione di caviglia, aumento del volume e dell'intensità di allenamento che prevede l'uso di salti, aumento dei set di pallavolo giocati a settimana e aumento del volume di allenamento generico.

Una riduzione del peso, l'aumento della flessibilità dell'arto inferiore e della forza del quadricipite possono essere opzioni di trattamento benefiche (16).

Bisogna tuttavia tener conto che c'è una mancanza di prove evidenti per qualsiasi potenziale fattore di rischio e che i dati presentati sono sostenuti solamente da prove limitate e contrastanti (16) (17).

Ritorno allo sport

Più di un terzo dei pazienti che presentano una tendinopatia rotulea non sono in grado di tornare all'attività sportiva entro sei mesi dall'insorgenza dei sintomi (18), solo il 46% degli atleti con jumper's knee riesce a tornare allo stesso livello di attività sportiva senza dolore dopo 12 mesi di riabilitazione supervisionata (18) e circa il 53% degli atleti con tendinopatia rotulea sono costretti al ritiro dall'attività sportiva (9).

Risulta perciò fondamentale capire quale possa essere la gestione corretta di questa patologia in modo da riuscire a ridurre la percentuale di soggetti che non riescono a ritornare alle proprie attività sportive.

1.2 Trattamento tendinopatia rotulea

Introduzione

Gli interventi terapeutici per il trattamento delle tendinopatie sono per lo più conservativi e includono: esercizio terapeutico, terapie infiltrative, iniezioni di Plateled rich plasma (PRP), Autologous Blood Injection (ABI), Extracorporeal shockwave therapy (ESWT), laser a bassa energia, ultrasuoni, Dry needling (DN), taping, stretching e antinfiammatori (7) (19).

Molte delle terapie utilizzate sono ancora dibattute e sono presenti evidenze contrastanti (7) (8) (19).

Il trattamento conservativo è efficace nella maggior parte dei casi, tuttavia il 10% dei pazienti che non rispondono agli interventi conservativi può essere sottoposto ad intervento chirurgico: i due interventi non conservativi più comuni sono la chirurgia in artroscopia o la chirurgia a cielo aperto che sembrano avere risultati sovrapponibili, anche se sembrerebbe che l'intervento artroscopico permetta un ritorno più rapido allo sport (8).

Esercizio terapeutico e tendinopatia rotulea

La letteratura recente riguardante la riabilitazione delle tendinopatie conferma che gli interventi maggiormente efficaci che producono i migliori effetti a lungo termine sono quelli rivolti ad un ripristino della capacità di carico del tendine: infatti, come già stato illustrato nei paragrafi precedenti, in una tendinopatia cronica c'è un fallimento della guarigione del tendine che è in continuo rimaneggiamento in relazione al carico a cui è sottoposto (13). Perciò, il trattamento maggiormente significativo sembrerebbe essere l'esercizio terapeutico, tuttavia la modalità ottimale da utilizzare è ancora dibattuta (7) (13) (20) (21). Negli anni sono stati proposti diversi protocolli riabilitativi basati sull'esercizio terapeutico: esercizio eccentrico, esercizio isotonic tramite heavy slow resistance training (HSR), esercizio isometrico e programmi misti (7) (21).

La maggior parte degli studi sulle tendinopatie croniche esamina protocolli di **esercizio eccentrico** (7) (8) (19) (20) (22) (23) (24). Sembra che questa modalità di trattamento sia in grado di migliorare gli outcome clinici e la forza dei muscoli coinvolti nelle tendinopatie dell'arto inferiore sia nel breve che nel lungo termine e che sia in grado di determinare una riduzione della neo-vascularizzazione (20) (25).

L'impatto dell'esercizio terapeutico sulla struttura tendinea non è stato ancora chiarito; sono stati

rilevati dei cambiamenti molecolari (es. aumento del marcatore pro-peptidico del collagene di tipo I) nel tessuto peri-tendineo già dopo 3 ore di corsa (26) e dopo un programma di esercizi eccentrici di 12 settimane (27). Sono disponibili dati limitati sull'effetto dei programmi di esercizio in vivo sull'aspetto strutturale del tendine rotuleo in soggetti con tendinopatia rotulea (28).

Una revisione sistematica (20) conclude che sono presenti evidenze conflittuali riguardo al fatto che la contrazione eccentrica sia superiore ad altri tipi di programmi, soprattutto negli atleti in stagione sportiva caratterizzata da pressioni costanti in termini di tempo e prestazioni.

Infatti, non tutti i pazienti rispondono bene agli esercizi eccentrici che potrebbero essere scarsamente tollerati dagli atleti durante la stagione sportiva poiché possono produrre un peggioramento iniziale della sintomatologia, soprattutto nelle prime 2-4 settimane, con conseguente riduzione dell'aderenza terapeutica al programma riabilitativo; gli atleti potrebbero invece aderire maggiormente a programmi di esercizio che riducono fin da subito il dolore (23) (29) (30). Infatti, negli atleti che continuano ad allenarsi pur avendo una tendinopatia rotulea, l'esercizio eccentrico aggiunto all'attività sportiva potrebbe comportare un carico troppo elevato sul tendine rotuleo e difficile da gestire, producendo scarsi risultati clinici (29) (31).

Per questo motivo, sono stati studiati dei protocolli che includessero altre tipologie di contrazione muscolare. La letteratura suggerisce di implementare il programma di trattamento con contrazioni isometriche e isotoniche che potrebbero essere delle alternative efficaci per ridurre il dolore negli atleti in stagione agonistica (32).

In particolare, le **contrazioni isotoniche tramite HSR** sono meno intense rispetto alle eccentriche ma risultano efficaci quanto quelle eccentriche nella tendinopatia rotulea, la soddisfazione del paziente nel tempo sembra essere maggiore così come l'aderenza al programma di riabilitazione perché consente di continuare l'attività sportiva (33).

L'esercizio è in grado di ridurre nell'acuto un effetto chiamato "exercise-induced hypoalgesia" (EIH), ovvero una riduzione dell'intensità del dolore in risposta a stimoli dolorosi; questo effetto nei soggetti sani è limitato e sembra essere legato ai meccanismi neurofisiologici coinvolti nell'elaborazione del dolore (34).

La riduzione del dolore acuta indotta dall'esercizio ha diversi vantaggi clinici: in primo luogo, gli atleti possono riuscire a gestire il dolore con esercizi sia subito prima che dopo l'attività sportiva; in secondo luogo, l'esercizio non è invasivo e non ha potenziali effetti collaterali o sequele dell'uso a lungo termine che invece si possono riscontrare con altri tipi di intervento (es. farmaci); in terzo

luogo, è probabile che gli esercizi in grado di ridurre il dolore producano una maggiore aderenza terapeutica.

In particolare, l'effetto dell'esercizio sull'ipoalgesia è stato valutato utilizzando l'esercizio tramite **contrazione isometrica**, un'altra modalità di esercizio terapeutico che è possibile utilizzare, seppur meno studiata, nelle tendinopatie rotulee.

Alcuni studi hanno rilevato che la contrazione isometrica è in grado di produrre una riduzione della pressure pain threshold (PPT) e un'inibizione del dolore in soggetti sani (35) (36); questa riduzione sembrerebbe essere diffusa, suggerendo quindi un coinvolgimento del sistema nervoso centrale (36). Sembrerebbe inoltre che gli esercizi isometrici abbiano il potenziale di diminuire il dolore permettendo di continuare l'attività sportiva (34). Inoltre, la contrazione isometrica, determinando un carico più basso sul tendine, può essere utilizzata anche in fase precoce di alta reattività.

In realtà, l'utilizzo della contrazione isometrica nelle tendinopatie è ancora molto discusso: le evidenze che riguardano l'effetto analgesico delle contrazioni isometriche sono di bassa qualità e non sembra che questa modalità di contrazione sia migliore rispetto alle altre (37).

In particolare, gli effetti dell'esercizio isometrico sulla tendinopatia rotulea sono incerti: alcuni autori affermano che l'esercizio isometrico possa migliorare la sintomatologia (32) (38) (39) mentre altri studi non mostrano delle differenze significative negli outcome rispetto ad altre modalità di contrazione muscolare (40).

Pertanto, sembra che questa modalità di contrazione possa essere uno strumento alternativo per la gestione di una tendinopatia rotulea ma è necessario riesaminare l'efficacia di questa modalità di contrazione.

1.3 Scopo della tesi

Lo scopo di questa tesi è di eseguire una revisione sistematica della letteratura per indagare e definire quali sono, ad oggi, le evidenze disponibili sugli effetti che la contrazione isometrica produce nei soggetti con tendinopatia rotulea.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Premessa

La revisione sistematica è stata condotta secondo le *Linee Guida PRISMA (Preferred Reporting Items of Systematic reviews and Meta-Analyses)* (41).

Per certificare che le decisioni prese durante il processo di ricerca non fossero arbitrarie, i metodi di analisi, le strategie di conduzione e i criteri di inclusione sono stati specificati a priori e documentati in un protocollo, redatto a settembre 2021 seguendo gli standard del *PRISMA for systematic review protocols (PRISMA-P)* (42). Il protocollo non è stato registrato su PROSPERO.

2.2 Obiettivo e quesito di ricerca

L'obiettivo della seguente revisione sistematica è quello di individuare i principali effetti della contrazione isometria nei soggetti con tendinopatia rotulea.

Il quesito dell'elaborato è stato formulato tramite la metodica *PIO*, la ricerca è stata così strutturata:

- *PATIENT (P)*: soggetti con tendinopatia rotulea
- *INTERVENTION (I)*: esercizio tramite contrazioni isometriche
- *OUTCOMES (O)* primari: dolore, funzionalità

Il quesito clinico è "quali sono gli effetti prodotti dalla contrazione isometrica su soggetti con tendinopatia rotulea?".

2.3 Strategia di ricerca degli studi

I database elettronici utilizzati per condurre la ricerca sono stati: MEDLINE (PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro) e Cochrane Library.

La stringa di ricerca utilizzata per MEDLINE è stata la seguente:

((((((((patellar) OR ("patellar tendon")) OR ("patella tendon")) OR ("patellar ligament")) OR ("patella ligament")) OR ("patellar ligament"[MeSH Terms])) AND (((((((((((tendinopathy[MeSH Terms]) OR (tendinopathies)) OR (tendonopathy)) OR (tendonopathies)) OR (tendinosis)) OR (tendinoses)) OR (tendonosis)) OR (tendonoses)) OR (tendinitis)) OR (tendinitides)) OR (tendonitis)) OR (tendonitides)) OR (tenodinopathies)) OR (tendomyopathies))) OR ("patellar tendon pain") OR ("jumper's knee")) AND (((("isometric contraction"[MeSH Terms]) OR ("isometric contraction")) OR ("isometric exercise")) AND (((pain) OR (ache)) OR (performance)) OR ("physical functional performance"[MeSH Terms]) OR (pain[MeSH Terms]))

Le parole chiave impiegate nella ricerca su PEDro sono state “patellar tendinopathy” e “isometric” combinati con l’operatore booleano AND.

La stringa di ricerca utilizzata per il database Cochrane Library è rappresentata nell’*Immagine II*.

Immagine II

-	+	#1	MeSH descriptor: [Patellar Ligament] explode all trees	MeSH	157
-	+	#2	("patellar ligament"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 314
-	+	#3	(tendinopathy):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 1216
-	+	#4	MeSH descriptor: [Tendinopathy] explode all trees	MeSH	1165
-	+	#5	#1 AND #3	Limits	36
-	+	#6	#1 AND #4	Limits	35
-	+	#7	#2 AND #3	Limits	65
-	+	#8	#2 AND #4	Limits	36
-	+	#9	#5 OR #6 OR #7 OR #8	Limits	65
-	+	#10	("patellar tendinopathy"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 167
-	+	#11	("patellar tendon pain"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 14
-	+	#12	("jumper's knee"):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 35
-	+	#13	#9 OR #10 OR #11 OR #12	Limits	189
-	+	#14	MeSH descriptor: [Isometric Contraction] explode all trees	MeSH	1304
-	+	#15	MeSH descriptor: [Pain] explode all trees	MeSH	52513
-	+	#16	MeSH descriptor: [Physical Functional Performance] explode all trees	MeSH	283
-	+	#17	(isometric):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 6212
-	+	#18	#14 OR #17	Limits	6212
-	+	#19	#13 AND #18	Limits	32
-	+	#20	(pain):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 197934
-	+	#21	(function):ti,ab,kw (Word variations have been searched)	S	Limits 280136
-	+	#22	#15 OR #20	Limits	204242
-	+	#23	#16 OR #21	Limits	280151
-	+	#24	#22 OR #23	Limits	441422
-	+	#25	#19 AND #24	Limits	29

L'ultima ricerca sulle banche dati è stata effettuata in data 06/03/2022.

2.4 Criteri di selezione degli studi

I criteri d'inclusione considerati sono stati:

- Tipo di studio: Randomized controlled trial (RCT) o studi crossover, in modo da includere unicamente il massimo livello di evidenza
- Lingua: inglese o italiana

- Pubblicazione sulle banche dati elettroniche selezionate
- Disponibilità articolo: full text
- Popolazione: soggetti con diagnosi di tendinopatia rotulea
- Intervento: esercizi effettuati mediante contrazioni isometriche

Non sono state impostate a priori restrizioni rispetto alla data di pubblicazione.

I criteri d'esclusione erano:

- Studi ancora in corso
- Popolazione: soggetti sani, soggetti con patologie generiche di ginocchio
- Intervento: altre modalità di trattamento diverse dalla contrazione isometrica, utilizzo simultaneo non differenziato di più tipi di contrazione muscolare (per l'impossibilità di determinare se l'effetto prodotto fosse dovuto all'esercizio generico o alla contrazione isometrica)

2.5 Selezione degli studi

Dopo la ricerca iniziale è stato attuato dall'autrice, tramite diverse fasi, uno screening degli studi ottenuti. Inizialmente sono stati eliminati i duplicati presenti nei vari database utilizzati.

Successivamente, sono stati eliminati, in seguito alla valutazione dei titoli e degli abstract, gli studi non pertinenti al quesito di ricerca o non conformi ai criteri d'inclusione.

Gli articoli restanti sono quindi stati valutati tramite lettura full-text per decidere l'effettiva inclusione dell'articolo nello studio.

Un unico esaminatore ha effettuato la selezione degli studi.

I diversi passaggi della selezione sono riportati in un *PRISMA Flow Diagram* disponibile nel capitolo "Risultati" (*Immagine III*).

I dati provenienti dagli studi selezionati sono stati raccolti in *Tabella I* in modo da sintetizzare gli aspetti salienti per una consultazione più efficace. I principali item estratti sono stati: riferimento all'articolo, disegno di studio, obiettivo, caratteristiche dei partecipanti con criteri d'inclusione ed esclusione, tipo di intervento e controlli/confronti, outcome, follow up e drop-out, sintesi dei risultati.

2.6 Valutazione della qualità degli studi inclusi

La qualità degli studi selezionati per la revisione è stata valutata tramite il *Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2.0)* (43).

Questo strumento esamina vari domini da cui può derivare un rischio di bias:

- Processo di randomizzazione
- Variazioni degli interventi previsti in relazione all'assegnazione all'intervento
- Variazioni degli interventi previsti in relazione all'aderenza all'intervento
- Mancanza di dati relativi sugli outcome
- Misurazione degli outcome
- Selezione dei risultati riportati

Per ogni dominio sono previste alcune domande le cui risposte (una tra: sì; probabilmente sì; probabilmente no; no; nessuna informazione; non applicabile) sono inserite all'interno di un algoritmo che attribuisce ad ognuno dei domini un giudizio tra:

- “Low risk of bias” (basso rischio di bias): esistenza di un possibile bias che ha bassa probabilità di alterare significativamente i risultati
- “Some concerns” (alcuni dubbi): esistenza di un possibile bias che può sollevare qualche dubbio sulla veridicità dei risultati
- “High risk of bias” (alto rischio di bias): esistenza di un possibile bias che ha un'alta probabilità di alterare significativamente i risultati

Infine, il *RoB 2.0* prevede un'analisi complessiva del risk of bias globale dell'articolo, stimato sempre tramite un algoritmo e suddividendo gli studi in:

- “Low risk of bias” (basso rischio di bias): lo studio è giudicato a basso rischio in tutti i domini valutati
- “Some concerns” (alcuni dubbi): si ritiene che lo studio sollevi qualche preoccupazione in almeno uno dei domini valutati senza però essere ad alto rischio di distorsioni in nessun dominio
- “High risk of bias” (alto rischio di bias): esistenza di un alto rischio di distorsioni in almeno un dominio oppure sono stati sollevati dubbi in diversi domini tali da diminuire la fiducia nei risultati

L'autrice non aveva precedenti esperienze di valutazione del rischio di bias tramite questo strumento, pertanto l'affidabilità di tale giudizio potrebbe essere non sufficientemente adeguata.

3 RISULTATI

3.1 Selezione degli studi

La ricerca nei database MEDLINE, PEDro e Cochrane Library ha fornito un totale di 105 record: dopo la rimozione dei duplicati sono rimasti 87 articoli. L'ultima ricerca è stata effettuata in data 16/03/2022.

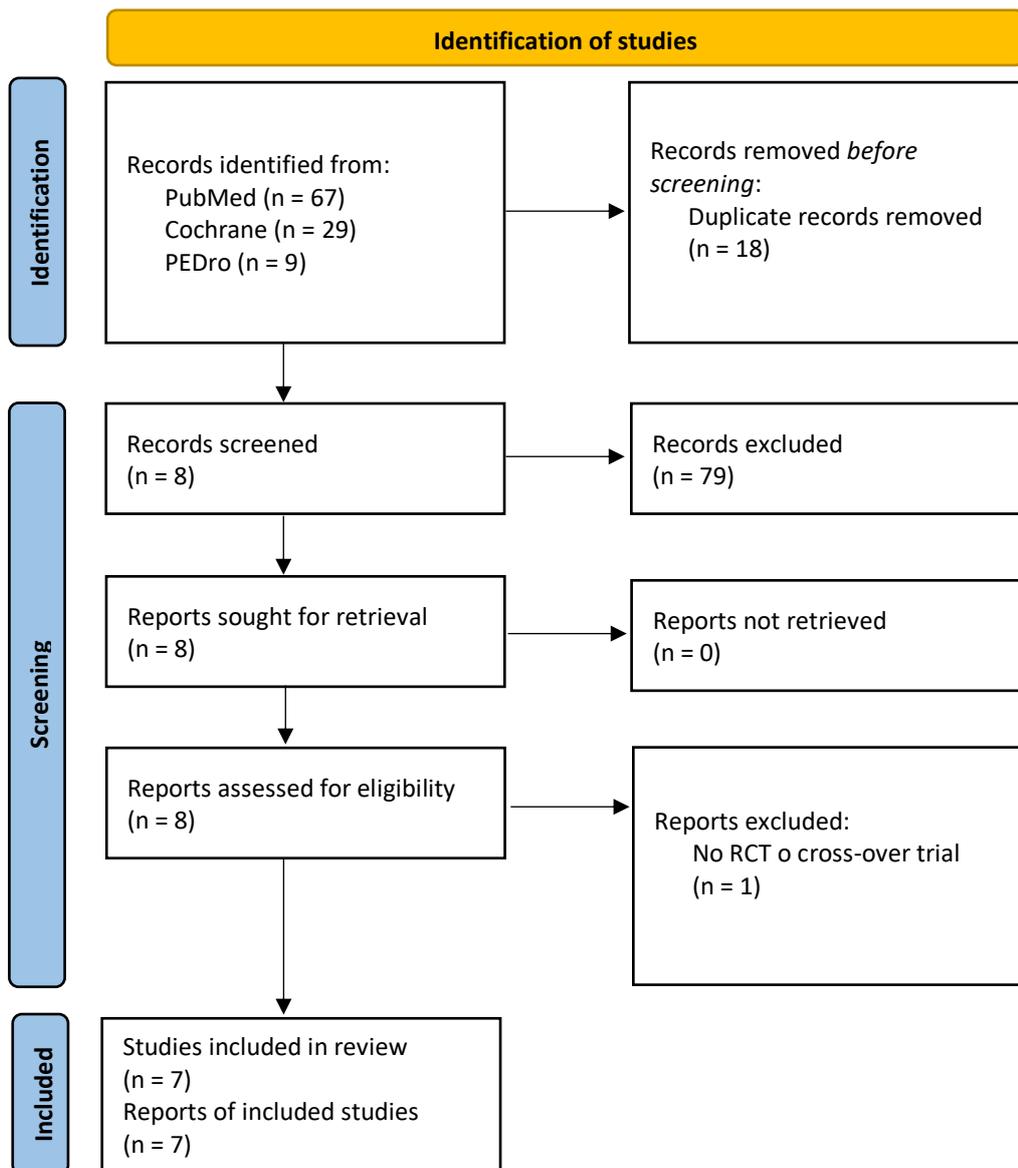
Di questi, 79 sono stati esclusi perché, dopo aver esaminato i rispettivi titoli e abstract, non soddisfacevano i criteri d'inclusione e gli obiettivi della revisione o perché si trattava di studi ancora in corso.

Gli 8 record rimanenti sono stati valutati tramite lettura full text e 1 articolo è stato scartato perché non soddisfaceva i criteri d'inclusione per la revisione.

I 7 articoli rimanenti sono stati inclusi nella revisione sistematica (28) (32) (38) (39) (40) (44) (45).

Nell'*Immagine III* è rappresentato il *PRISMA Flow Diagram* che sintetizza il processo appena descritto.

Immagine III: PRISMA Flow Diagram



3.2 Caratteristiche e sintesi degli studi

È stata fatta un'estrazione e una sintesi dei dati salienti di ogni articolo, visualizzabile nella *Tabella I*, con il fine di raggruppare e mettere in risalto i punti chiave e i principali risultati di ciascuno per facilitare l'analisi dei risultati. Le informazioni raggruppate sono state le seguenti: riferimento all'articolo, disegno di studio, obiettivo, caratteristiche dei partecipanti con criteri d'inclusione ed esclusione, tipo di intervento, outcome, follow up e drop-out, sintesi dei risultati.

Tutti gli studi inclusi erano RCT o studi cross-over randomizzati, come previsto dal protocollo iniziale. In particolare, sono stati inclusi 3 studi cross-over randomizzati e 2 RCT: tre paper erano basati sullo stesso studio ma esaminavano alcuni aspetti diversi.

In tutti gli articoli i partecipanti erano atleti tra i 15 e i 40 anni, la maggior parte praticavano come sport pallavolo o basket; nessuno ha dovuto interrompere l'attività sportiva durante lo studio.

Solo 1 studio prevedeva un gruppo di controllo sottoposto ad intervento sham, 5 articoli prevedevano invece un confronto tra gli effetti della contrazione isometrica e della contrazione isotonica mentre 1 articolo esaminava le differenze tra contrazione isometrica di breve o di lunga durata.

Gli outcome valutati erano principalmente: dolore, funzionalità e spessore del tendine rotuleo.

Gli articoli (28) (32) (38) si basano sullo stesso studio sperimentale, tuttavia sono stati tutti riportati nella *Tabella 1* e sono stati inclusi nella revisione sistematica poiché analizzavano diversi aspetti emersi dallo studio sperimentale.

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

Holden et al. 2020 (40)	
Tipologia di studio e obiettivo	<p>Studio cross-over randomizzato</p> <p>Obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • confrontare gli effetti acuti dell' esercizio isometrico rispetto a quello dinamico sul dolore durante un' attività provocativa in soggetti con TR • valutare l' ipoalgesia indotta in soggetti con TR • valutare i cambiamenti dello spessore del tendine rotuleo in seguito agli esercizi in soggetti con TR
Partecipanti	<p>21 partecipanti, M e F, vari sport praticati dai partecipanti, la maggior parte dei partecipanti aveva una TR cronica (circa 24 mesi), valore VISA-P medio 47.8/100</p> <p>Criteri d' inclusione: 18-40 anni, TR diagnosticata tramite esame clinico ed ecografia, dolore nell' ultima settimana NRS \geq 3/10</p> <p>Criteri esclusione: altre patologie di ginocchio concomitanti, precedente intervento chirurgico al ginocchio, iniezione di corticosteroidi nei 6 mesi precedenti</p>
Interventi	<p><u>Contrazione isometrica</u></p> <p>10 partecipanti, 70% MVIC, seduti con ginocchio a 60° di flessione, 5 serie da 45 sec, 2 min di pausa tra le serie</p> <p><u>Contrazione dinamica</u></p> <p>11 partecipanti, estensione della gamba con carico 8RM con ritmo di 3 sec concentrica, 0 sec isometrica, 3 sec eccentrica con 90° di ROM di ginocchio, 3 serie da 8 ripetizioni, 2 min di pausa tra le serie</p>
Outcome	<p>I parametri sono stati registrati immediatamente prima dell' esercizio, immediatamente dopo l' esercizio e dopo 45 min, i valori sono stati rilevati in entrambe le sessioni d' intervento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dolore \rightarrow NRS con SLDS • PPT \rightarrow algometro con pressione 30 kPa/s • Spessore tendine rotuleo \rightarrow valutata tramite ultrasuoni
Follow up e drop-out	<p>Follow up ad 1 settimana</p> <p>Drop-out: 1 paziente nel gruppo di esercizio isometrico (motivi familiari)</p>
Risultati	<p>Nessuna differenza significativa tra i due gruppi sull' intensità del dolore: l' NRS durante un SLDS era più bassa immediatamente dopo la contrazione mentre dopo 45 min non si rilevano differenze rispetto al basale.</p> <p>Aumento della PPT al tibiale anteriore subito dopo l' esercizio rispetto al basale e nessuna differenza a 45 min, per entrambi i gruppi.</p> <p>Nessun aumento significativo nello spessore del tendine rotuleo da pre-esercizio a post-esercizio.</p>

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

Rio et al. 2015 (39)	
Tipologia di studio e obiettivo	<p>Studio cross-over randomizzato</p> <p>Obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> determinare se l' esercizio isotonico o isometrico induce un immediato sollievo dal dolore in soggetti con TR esplorare i meccanismi della funzione motoria corticale in soggetti con TR e studiarne i cambiamenti in seguito all' esercizio
Partecipanti	<p>6 partecipanti, M, 18-40 anni, atleti di pallavolo che praticavano 1 volta a settimana una partita e 2 volte a settimana l' allenamento</p> <p>Criteri d' inclusione: diagnosi di TR tramite esame clinico ed ecografia</p> <p>Criteri d' esclusione: assunzione di farmaci</p>
Interventi	<p>Ai partecipanti sono state somministrate entrambe le modalità di contrazione a distanza di una settimana, l' ordine di somministrazione è stato stabilito tramite randomizzazione</p> <p><u>Contrazione isometrica</u> 70% MVIC, ginocchio a 60° di flessione, 5 serie da 45 sec, 2 min di pausa tra le serie</p> <p><u>Contrazione isotonica</u> estensione della gamba con carico 8RM con ritmo di 4 sec eccentrica, 0 sec isometrica, 3 sec concentrica, 4 serie da 8 ripetizioni, 2 min di pausa tra le serie</p>
Outcome	<p>Misure rilevate immediatamente e dopo 45 min:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dolore → NRS con SLDS Forza → MVIC sul quadricipite valutata con macchina isocinetica su tre sforzi <p>Misure rilevate solo immediatamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> Excitabilità corticospinale → pendenza curva stimolo-risposta ottenute con TMS Inibizione intracorticale a breve intervallo (SICI) → rapporto percentuale SICI ottenuto con TMS Mmax → EMG di superficie <p>Tutte le misure sono state registrate alla settimana 1 (solo valutazione), alla settimana 2 (intervento 1) e alla settimana 3 (intervento 2).</p>
Follow up e dropout	<p>1 settimana dopo la valutazione: intervento 1</p> <p>2 settimane dopo la valutazione: intervento 2</p> <p>Drop-out: nessuno</p>
Risultati	<p>L' esercizio isometrico ha prodotto una riduzione dell' 87% del dolore durante il SLDS, un aumento del 18,7% della MVIC sia subito dopo l' esercizio che a 45 min e una riduzione dell' inibizione intracorticale immediata.</p> <p>L' esercizio isotonico ha prodotto un miglioramento del 42% di dolore durante un SLDS, tuttavia i cambiamenti non sono stati mantenuti dopo 45 min.</p> <p>Nessuna differenza tra gli effetti delle due modalità di esercizio sull' excitabilità corticospinale.</p>

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

van Ark et al. 2016 (32)	
Tipologia di studio e obiettivo	RCT Obiettivo: esaminare se gli esercizi isometrici e isotonici alleviano il dolore negli atleti in-season con TR e se una delle due modalità prevalga sull' altra
Partecipanti	29 giocatori di pallavolo e basket (27 M, 2 F), almeno 3 allenamenti a settimana, 16-32 aa, diagnosi di TR Criteri d' inclusione: dolore al tendine focale al polo inferiore o superiore della rotula e storia di dolore al ginocchio associato all' esercizio nello stesso punto Criteri d' esclusione: altre patologie di ginocchio, precedente rottura del tendine rotuleo, disturbi infiammatori, malattie metaboliche ossee, diabete tipo II, uso di fluorochinoloni o corticosteroidi negli ultimi 12 mesi, nota ipercolesterolemia familiare, condizioni di dolore cronico
Interventi	<u>Contrazione isometrica</u> 13 partecipanti iniziali, 9 analizzati: 5 serie da 45 sec, 80% MVIC, 60° di flessione di ginocchio, ripetizione bilaterale, 15 sec di pausa <u>Contrazione isotonica</u> 16 partecipanti iniziali, 11 analizzati: 4 serie da 8 ripetizioni con fase eccentrica di 4 sec e concentrica di 3 sec, 80% MVIC, ripetizione bilaterale, 15 sec di pausa Entrambi i gruppi prevedevano 4 sessioni di allenamento a settimana per 4 settimane. Il peso è stato aumentato del 2,5% ogni settimana; se l' esercizio era doloroso o se i partecipanti non completavano le ripetizioni con una corretta esecuzione il peso è stato abbassato nelle ripetizioni successive. Ad entrambi i gruppi sono stati forniti degli audio per stimolare l' esercizio.
Outcome	Misure rilevate inizialmente e dopo 4 settimane: • Dolore → NRS con SLDS, VISA-P, global rating of change scale • Funzionalità → VISA-P • Aderenza al programma di esercizi → diario compilato dai partecipanti in base alle sessioni di esercizio completate
Follow up e dropout	Follow up telefonico/di persona settimanale per eventuali problemi con gli esercizi; rivalutazioni basali ripetute dopo 4 settimane di programma 5 drop-out prima di iniziare il programma (dopo valutazioni iniziali) 2 drop-out durante il programma (ricercatori non contattabili); 2 drop-out esclusi perché non hanno praticato sport per 2 settimane In totale: 4 drop-out per contrazione isometrica e 5 per l' isotonica
Risultati	Il dolore è migliorato significativamente con entrambe le modalità di contrazione dopo 4 settimane di trattamento, senza significative differenze tra i due gruppi. Le stesse considerazioni possono essere fatte per il punteggio VISA-P, migliorato in entrambi i gruppi, avvicinandosi molto al MCID. In entrambi i gruppi c' è stata una percezione soggettiva di miglioramento rispetto alla condizione iniziale, senza differenze significative tra i due gruppi.

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

Rio et al. 2017 (38)	
Tipologia di studio e obiettivo	RCT Obiettivo: confrontare gli effetti analgesici immediati di due programmi di resistenza (isometrica o isotonica) in atleti in stagione con TR
Partecipanti	29 giocatori di pallavolo e basket (27 M, 2 F), almeno 3 allenamenti a settimana, età ≥ 16, diagnosi di TR Criteri d' inclusione: dolore al tendine focale al polo inferiore o superiore della rotula e storia di dolore al ginocchio associato all' esercizio nello stesso punto Criteri d' esclusione: altre patologie di ginocchio, precedente rottura del tendine rotuleo, disturbi infiammatori, malattie metaboliche ossee, diabete tipo II, uso di fluorochinoloni o corticosteroidi negli ultimi 12 mesi, nota ipercolesterolemia familiare, condizioni di dolore cronico, fibromialgia
Interventi	4 sessioni di allenamento a settimana per 4 settimane. Il peso è stato aumentato del 2,5% ogni settimana; se l' esercizio era doloroso o se i partecipanti non completavano le ripetizioni con una corretta esecuzione il peso è stato abbassato nelle ripetizioni successive. Ad entrambi i gruppi sono stati forniti degli audio per stimolare l' esercizio. <u>Contrazione isometrica</u> 10 partecipanti analizzati, 5 serie da 45 sec, 80% MVIC, 60° di flessione di ginocchio, ripetizione bilaterale, 1 minuto di pausa tra le serie <u>Contrazione isotonica</u> 10 partecipanti analizzati, 4 serie da 8 ripetizioni con fase eccentrica di 4 sec e concentrica di 3 sec, ROM 10-90° flessione di ginocchio, 80% MVIC, ripetizione bilaterale, 1 minuto di pausa tra le serie
Outcome	Misure rilevate inizialmente e dopo 4 settimane: <ul style="list-style-type: none"> • Dolore → NRS con SLDS, VISA-P • Funzionalità → VISA-P
Follow up e dtop-out	Follow up telefonico settimanale per eventuali problemi con gli esercizi; rivalutazioni basali ripetute dopo 4 settimane di programma 7 drop-out dopo essere stati randomizzati (non contattabili dai ricercatori); 2 drop-out esclusi perché non hanno praticato sport per 2 settimane → da 29 partecipanti ne sono stati analizzati solo 20. 1 atleta del gruppo isotonico e 2 dell' isometrico non hanno restituito il diario.
Risultati	Il dolore è migliorato significativamente con entrambe le modalità di contrazione dopo 4 settimane di trattamento, mostrando una maggiore analgesia dopo la contrazione isometrica rispetto all' isotonica. Il punteggio VISA-P è migliorato in entrambi i gruppi senza differenze significative tra i due gruppi, il cambiamento non ha superato però l' MCID pur avvicinandosi al valore.

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

Pietrosimone et al. 2020 (44)	
Tipologia di studio e obiettivo	<p>Studio cross-over randomizzato</p> <p>Obiettivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> determinare gli effetti acuti di un protocollo di esercizio isometrico a singola dose per il tendine rotuleo sulla biomeccanica dell' atterraggio degli arti coinvolti in soggetti con TR o patologia del tendine rotuleo asintomatica determinare se gli individui con TR hanno mostrato cambiamenti nel dolore in seguito ad esercizio isometrico
Partecipanti	<p>28 partecipanti, M, 15-28 anni, atleti di salto che giocavano almeno 3 volte/settimana</p> <p>Criteri d' inclusione per TR sintomatica (13 partecipanti): dolore focale isolato $\geq 2/10$ NRS durante SLDS, evidenza ecografica di anomalia strutturale del tendine rotuleo prossimale</p> <p>Criteri d' inclusione per patologia del tendine rotuleo asintomatica (15 partecipanti): nessun dolore nell' SLDS ma evidenza ecografica di anomalia strutturale del tendine rotuleo prossimale</p> <p>Criteri d' esclusione: disturbi neurologici, malattie cardio-polmonari, lesione agli arti inferiori nei 6 mesi precedenti, iniezione al tendine rotuleo nei 3 mesi precedenti, partecipazione a riabilitazione per dolore anteriore di ginocchio nei 3 mesi precedenti, ginocchio non tendinopatico durante il SLDS, altre condizioni mediche che impediscano di partecipare alle ADL normalmente</p>
Interventi	<p>Giorno 1: sessione di screening</p> <p>Dopo 7-10 giorni è stato effettuato l' intervento</p> <p><u>Esercizio isometrico</u></p> <p>5 serie da 45 sec, 70% MVIC, 60° di flessione di ginocchio, ripetizione bilaterale, 2 minuti di pausa tra le serie, presenza di bio-feedback visivo</p> <p><u>Protocollo sham-TENS</u></p> <p>Stessa posizione del protocollo sperimentale ed utilizzo della stessa macchina isochinetica, una finta unità di stimolazione nervosa elettrica transcutanea (TENS) è stata utilizzata come intervento fittizio; sono stati utilizzati gli stessi parametri temporali dell' esercizio isometrico</p>
Outcome	<p>Le misure sono state rilevate prima e subito dopo ogni intervento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dolore → NRS con SLDS <p>Biomeccanica tridimensionale durante l' atterraggio bipodale da un salto con successivo salto verticale → sistema di acquisizione di movimento a telecamera (dati cinematici) e pedane di forza (dati cinetici); software</p>
Follow up e drop-out	<p>Follow up a 7 o 10 dalla sessione di screening per somministrare l' intervento</p> <p>Drop-out: nessuno</p>
Risultati	<p>Non sono stati rilevati effetti acuti sulla biomeccanica di atterraggio da un salto in seguito ad un esercizio isometrico a singola dose per aumentare l' entità di carico nell' atterraggio. Nemmeno il dolore risulta modificato in maniera significativa (c' è una riduzione ma non supera l' MCID) in seguito ad una singola dose di esercizio isometrico in soggetti con TR o patologia del tendine rotuleo asintomatica.</p> <p>Deboli risultati dell' intervento isometrico su TR sintomatica per le variabili di movimento del ginocchio sul piano sagittale e le variabili di carico del tendine rotuleo.</p>

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

Pearson et al. 2020 (45)	
Tipologia di studio e	Studio clinico randomizzato
Partecipanti	Obiettivo: studiare gli effetti immediati e a breve termine (4 settimane) del carico isometrico di breve o lunga durata sul dolore tendineo e sull' adattamento tendineo nei soggetti con TR 16 partecipanti, M, TR unilaterale o bilaterale, pallavolo o basket. Criteri d' inclusione: dolore localizzato al polo inferiore della rotula aggravato da salti ed ecografia che confermava una patologia tendinea. Criteri d' esclusione: partecipanti che non potevano interrompere le attività di salti/corsa durante il periodo di studio, precedenti interventi chirurgici, rottura completa del tendine rotuleo, altre diagnosi di patologie al ginocchio, riabilitazione o iniezioni per il dolore al tendine nei 3 mesi precedenti, altre lesioni che impedirebbero di eseguire il protocollo di esercizi.
Interventi	I programmi sono stati ripetuti 5 volte a settimana per 4 settimane totali; durante il tempo di riposo di un arto inferiore è stato chiesto di ripetere il programma sull' altro ginocchio. È stato chiesto ai partecipanti di evitare corsa, salti, squat ed esercizi che sovraccaricano gli arti inferiori durante le 4 settimane e di non eseguire gli esercizi isometrici 24 ore prima degli appuntamenti di follow-up. Entrambi i gruppi sono stati sottoposti entro 5-7 giorni ad un' altra valutazione dove si rilevava la VAS prima e subito dopo la contrazione isometrica di breve o di lunga durata durante 5 ripetizioni di un SLDS e di un hop test. <u>Contrazione isometrica di breve durata</u> 8 partecipanti, 24 set da 10 sec di contrazione isometrica con 20 sec di riposo tra le ripetizioni, ginocchio a 30° di flessione, 85% MVIC, Borg 17-18/20 <u>Contrazione isometrica di lunga durata</u> 8 partecipanti, 6 set da 40 sec di contrazione isometrica con 80 sec di riposo tra le ripetizioni, ginocchio a 30° di flessione, 85% MVIC, Borg 17-18/20 Il tempo totale sotto-tensione era uguale nei due gruppi.
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> • Forza → 85% MVIC (valutata al basale, a 2 e a 4 settimane) • Dolore subito dopo contrazione isometrica → VAS con 5 ripetizioni di SLDS e di hop test • Dolore dopo 4 settimane di intervento → VAS con SLDS Spessore del tendine e deformazione trasversale a breve termine → ultrasuoni valutando lo spessore antero-posteriore (A-P) (rilevate al basale tramite un protocollo di 10 ripetizioni di contrazione isometrica da 4 sec con 4 sec di riposo tra le contrazioni ripetute per 6 serie con 1 min di pausa tra le serie con 85% MVIC, dopo ogni serie è stata ripetuta la valutazione; a 2 e a 4 settimane è stata ripetuta l' intera procedura)
Follow up e drop-out	A 4 settimane, il 96% dei partecipanti del gruppo a breve durata e il 100% dei partecipanti del gruppo a lunga durata riferiscono di aver completato tutte le sessioni previste Drop-out: nessuno
Risultati	Significativa riduzione del dolore durante SLDS e hop test dopo la contrazione isometrica in entrambi i gruppi senza differenze significative tra i due protocolli; non si rileva una differenza nei punteggi di cambiamento del dolore tra i partecipanti con livelli di dolore basale più alto o più basso. A 4 settimane c' è stato un aumento significativo dell' MVIC ed una diminuzione del dolore durante SLDS in entrambi i gruppi, lo studio non è stato progettato per rilevare differenze tra i due gruppi a 4 settimane per queste variabili. C' è stata una significativa riduzione dello spessore A-P nelle varie sessioni; tuttavia, anche se la deformazione trasversale del tendine è aumentata progressivamente dal 14% al 21%, non è risultata significativa.

Tabella I: sintesi degli studi inclusi nella revisione

van Ark et al. 2018 (28)	
Tipologia di studio e obiettivo	<p>Studio clinico randomizzato</p> <p>Obiettivo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Indagare l' effetto di un programma di esercizi isometrici o isotonici sulla struttura e le dimensioni del tendine rotuleo in atleti in-season con TR
Partecipanti	<p>29 giocatori di pallavolo e basket (27 M, 2 F), almeno 3 allenamenti a settimana, 16-31 aa, diagnosi di TR</p> <p>Criteri d' inclusione: diagnosi di TR, dolore focale al polo inferiore della rotula associato ad attività, allenamenti/partite almeno 3 volte a settimana</p> <p>Criteri d' esclusione: altra patologia di ginocchio, precedente rottura o intervento chirurgico del tendine rotuleo, disturbi infiammatori, malattie del metabolismo osseo, diabete tipo II, uso di fluorochinoloni o corticosteroidi negli ultimi 12 mei, ipercolesterolemia familiare nota, condizioni di dolore cronico</p>
Interventi	<p>4 sessioni di allenamento a settimana per 4 settimane.</p> <p>Il peso è stato aumentato del 2,5% ogni settimana; se l' esercizio era doloroso o se i partecipanti non completavano le ripetizioni con una corretta esecuzione il peso è stato abbassato nelle ripetizioni successive. Ad entrambi i gruppi sono stati forniti degli audio per stimolare l' esercizio.</p> <p><u>Contrazione isometrica</u></p> <p>13 partecipanti, 8 analizzati UTC: 5 serie da 45 sec, 80% MVIC, 60° di flessione di ginocchio, ripetizione bilaterale, 15 sec di pausa tra le serie eseguite su entrambi gli arti inferiori</p> <p><u>Contrazione isotonica</u></p> <p>16 partecipanti, 10 analizzati UTC: 4 serie da 8 ripetizioni con fase concentrica di 3 sec ed eccentrica di 4 sec, ROM 10-90° flessione di ginocchio, 80% MVIC, ripetizione bilaterale, 15 sec di pausa tra le serie eseguite su entrambi gli arti inferiori</p>
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> Caratterizzazione del tessuto tendineo → scansioni UTC del tendine rotuleo dell' arto inferiore più doloroso eseguite prima e dopo il programma di esercizi Dolore → NRS con SLDS, VISA-P Funzionalità → VISA-P <p>I dati sull' esito clinico di NRS e VISA-P e i dati riguardanti l' effetto immediato dell' esercizio sul dolore non sono riportati in questo articolo perché gli autori si sono concentrati maggiormente sugli effetti dei programmi di esercizi sulla struttura e sulle dimensioni del tendine rotuleo.</p>
Follow up e drop-out	<p>Follow-up: 4° settimana</p> <p>Drop-out: 3 partecipanti avevano dolore al polo superiore della rotula, punto in cui non è possibile ottenere una scansione UTC di qualità, per cui sono stati esclusi dall' analisi; 5 partecipanti non hanno completato gli esercizi; 3 sono stati esclusi per insufficiente qualità dell' UTC.</p> <p>Totale drop-out isometrica: 5</p> <p>Totale drop-out isotonica: 6</p>
Risultati	<p>Tutte le misure di esito delle scansioni UTC (struttura del tendine, spessore e CSA) non hanno mostrato cambiamenti significativi tra le valutazioni basali e dopo i programmi di esercizio a 4 settimane; non c' erano significative differenze tra i due gruppi.</p>

Legenda sigle utilizzate in *Tabella 1*:

- RCT: randomized controlled trial
- M: maschi
- F: femmine
- TR: tendinopatia rotulea
- SLDS= single leg decline squat
- VISA-P= Victorian Institute of Sport Assessment-Patella questionnaire
- NRS: numeric rating scale
- VAS: visual analogue scale
- ROM: range of motion
- MVIC: massima contrazione volontaria isometrica
- RM: repetitium maximum
- PPT: pressure pain threshold
- EMG: elettromiografia
- TMS: stimolazione magnetica transcranica
- MEP: motor-evoked potential
- Mmax: Potenziale d'azione muscolare massimo
- MCID: minimal clinically important difference
- UTC: ultrasound tissue characterisation
- CSA: area della sezione trasversale

3.3 Rischio di bias negli studi

La valutazione del risk of bias degli studi è stata effettuata tramite il *Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2.0)* (43). Questo strumento esamina i domini da cui può derivare un rischio di bias: processo di randomizzazione, gli interventi previsti (in base ad assegnazione o aderenza all'intervento), la mancanza di dati relativi sugli outcome, la raccolta dei dati relativi agli

outcome e la selezione dei risultati acquisiti.

La *Tabella II* riporta i risultati che derivano dall'analisi del risk of bias degli articoli inclusi nella revisione per tutti i domini previsti dal *RoB 2.0*.

Tabella II: analisi del risk of bias degli articoli per i domini del Rob 2.0

Dominio 1: rischio di bias derivante dal processo di randomizzazione							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
1.1 La sequenza di allocazione è stata casuale?	Y	Y	Y	Y	Y	Y	PY
1.2 La sequenza di allocazione è stata occultata fino a quando i pazienti non sono stati arruolati e assegnati ai vari gruppi d'intervento?	Y	PY	Y	Y	Y	NI	Y
1.3 Le differenze alla baseline hanno determinato un problema nel processo di randomizzazione?	N	N	N	N	N	N	N
Rischio di bias complessivo	Low						
Dominio 2: rischio di bias causati da variazioni dagli interventi previsti (effect of assignment to intervention)							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
2.1. I pazienti erano a conoscenza dell'intervento a cui erano stati assegnati durante il trial?	Y	PY	PY	PY	N	PY	PY
2.2. Gli assistenti e le persone che erogavano i trattamenti erano a conoscenza del tipo di intervento assegnato ai partecipanti durante il trial?	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

2.3. <u>Se Y/PY/NI alla 2.1 o 2.2:</u> Ci sono state modifiche dell'intervento rispetto a quanto previsto emerse a causa del contesto sperimentale?	N	N	Y	Y	N	N	Y
2.4 <u>Se Y/PY alla 2.3:</u> È probabile che queste variazioni abbiano influito sui risultati?	NA	NA	PN	PN	NA	NA	PN
2.5. <u>Se Y/PY/NI alla 2.4:</u> queste variazioni dall'intervento previsto erano bilanciate tra i vari gruppi?	NA	NA	Y	NA	NA	NA	Y
2.6 È stata effettuata un'analisi appropriata per stimare l'effect of assignment to intervention?	NI	NI	NI	Y	Y	NI	NI
2.7 <u>Se N/PN/NI alla 2.6:</u> C'era il potenziale per un impatto sostanziale sul risultato per l'incapacità di analizzare i partecipanti nei gruppi in cui erano stati randomizzati?	N	N	PN	NA	NA	N	PN
Rischio di bias complessivo	SC	SC	SC	SC	Low	SC	SC
Dominio 2: rischio di bias causati da variazioni degli interventi previsti (effect of adhering to intervention)							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
2.1. I pazienti erano a conoscenza dell'intervento a cui erano stati assegnati durante il trial?	Y	PY	PY	PY	N	PY	PY
2.2. Gli assistenti e le persone che erogavano i trattamenti erano a conoscenza del tipo di intervento assegnato ai partecipanti durante il trial?	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2.3. [Se applicabile]: <u>Se Y/PY/NI alla 2.1 o 2.2:</u> Interventi importanti non previsti dal protocollo sono stati applicati in maniera equilibrata tra i gruppi d'intervento?	NA						
2.4. [Se applicabile]: Vi sono stati degli errori nell'attuazione dell'intervento che	N	N	PN	PN	N	N	PN

potrebbero aver influito sul risultato?							
2.5. [Se applicabile]: C'è stata una mancata aderenza al regime di intervento assegnato che avrebbe potuto influenzare i risultati dei partecipanti?	N	N	PN	PN	N	N	PN
2.6. <u>Se N/PN/NI al 2.3, o Y/PY/NI alla 2.4 o 2.5:</u> È stata utilizzata un'analisi appropriata per stimare l'effect of adhering to intervention?	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rischio di bias complessivo	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Dominio 3: rischio di bias in relazione a dati sull'outcome mancanti							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
3.1 I dati sugli outcome erano disponibili per tutti, o quasi tutti, i partecipanti randomizzati?	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3.2 <u>Se N/PN/NI alla 3.1:</u> C'è evidenza che gli outcome non siano stati distorti dalla mancanza di dati sugli outcome?	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.3 <u>Se N/NP/NI alla 3.2:</u> La mancanza nell'outcome potrebbe dipendere dal suo vero valore?	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
3.4 <u>Se Y/PY/NI alla 3.3:</u> È probabile che la mancanza nell'outcome dipenda dal suo vero valore?	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Rischio di bias complessivo	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low
Dominio 4: rischio di bias in relazione alla misurazione degli outcome							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
4.1 Il metodo di misurazione dell'outcome è stato inappropriato?	N	N	N	N	N	N	Y
4.2 La misurazione o l'accertamento dell'outcome potrebbero differire tra i gruppi di intervento?	N	N	N	N	N	N	N
4.3 <u>Se N/PN/NI alla 4.1 e 4.2:</u> I valutatori dell'outcome erano a conoscenza dell'intervento ricevuto dai partecipanti allo studio?	Y	N (per un	PY	PY	N	Y	N

		outcome) PY (per gli altri)					
4.4 Se Y/PY/NI alla 4.3: La valutazione dell'outcome potrebbe essere stata influenzata dalla conoscenza dell'intervento ricevuto?	NI	NI	NI	NI	NA	NI	NA
4.5 Se Y/PY/NI alla 4.4: È probabile che la valutazione dell'outcome sia stata influenzata dalla conoscenza dell'intervento ricevuto?	N	N	N	N	NA	N	NA
Rischio di bias complessivo	SC	SC	SC	SC	Low	SC	Low
Dominio 5: rischio di bias nella selezione del risultato riportato							
Riferimento articolo	(40)	(39)	(32)	(38)	(44)	(45)	(28)
5.1 I dati che hanno prodotto questo risultato sono stati analizzati in conformità ad un piano di analisi pre-definito che è stato definito prima che i dati non in cieco sugli outcome fossero disponibili per l'analisi?	Y	PY	PY	Y	Y	Y	PY
È probabile che il risultato numerico oggetto di valutazione sia stato selezionato, sulla base dei risultati, da...							
5.2. ...più misure dei risultati ammissibili (ad es. scale, definizioni, punti temporali) all'interno del dominio dei risultati?	N	N	N	N	N	N	N
5.3 ...più analisi ammissibili dei dati?	N	N	N	N	N	N	N
Rischio di bias complessivo	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low

Legenda sigle *Tabella II*:
 NI=Nessuna Informazione
 NA = Non Applicabile
 Y= Sì
 PY= Probabilmente sì
 N= No
 PN= Probabilmente no
 SC= some concerns (alcuni dubbi)
 Low= basso
 High= alto

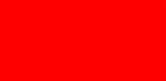
Tabella III: sintesi del risk of bias negli articoli a seconda dei vari domini del Rob 2.0

	Dominio 1	Dominio 2 (assignment)	Dominio 2 (adhering)	Dominio 3	Dominio 4	Dominio 5
Holden et al. 2020 (40)	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
Rio et al. 2015 (39)	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
van Ark et al. 2016 (32)	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
Rio et al. 2017 (38)	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
Pietrosimone et al. 2020 (44)	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Pearson et al. 2020 (45)	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Green
van Ark et al. 2018 (28)	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green

Legenda *Tabella III e Tabella IV*:

 Low risk

 Some concerns

 High risk

La *Tabella IV* riassume i risultati dei dati raccolti definendo il livello di risk of bias globale di ogni articolo considerato nella revisione. Il risk of bias risulta “low” (basso) solo in un articolo, mentre per gli altri 6 articoli il risk of bias risulta “some concerns” (alcuni dubbi).

Tabella IV: rischio di bias globale degli articoli

RISCHIO DI BIAS GLOBALE							
	Holden et al. 2020 (40)	Rio et al. 2015 (39)	van Ark et al. 2016 (32)	Rio et al. 2017 (38)	Pietrosimone et al. 2020 (44)	Pearson et al. 2020 (45)	van Ark et al. 2018 (28)
Rischio di bias complessivo negli articoli							

Solamente lo studio di Pietrosimone et al. (44) risulta a basso rischio di bias, mentre tutti gli altri non possono essere considerati ad alto rischio ma sono comunque presenti dei bias che fanno sorgere alcuni dubbi sulla validità dei risultati trovati.

Nello studio di Pearson et. al 2020 (45) è stato solo indicato che c'è stata una randomizzazione casuale ma non è indicato come questa sia avvenuta; tuttavia, sulla base del rigore metodologico adottato all'interno dell'articolo e nella conduzione dello studio sperimentale è probabile che la randomizzazione sia avvenuta correttamente.

I principali dubbi riguardano soprattutto il dominio 2 (effect of assignment to intervention) e il dominio 4 (misurazione degli outcome).

Per il dominio 2 i dubbi sono legati alla mancanza di informazioni riguardo ad eventuali analisi adottate per stimare l'effect of assignment to intervention; le variazioni dall'intervento previsto risultano legate soprattutto al contesto sperimentale (drop-out). In tutti gli studi, eccetto quello di Pietrosimone et al. (44), i pazienti e gli assistenti che erogavano i trattamenti erano a conoscenza del tipo d'intervento assegnato, tuttavia, trattandosi di un intervento attuato tramite esercizi era difficile mantenere la cecità, inoltre non è detto che i partecipanti fossero in grado di rilevare differenze tra la contrazione isometrica e isotonica.

Per il dominio 4 invece i dubbi sono prodotti principalmente dalla mancanza di cecità del valutatore

degli outcome rispetto all'intervento applicato e dalla difficoltà a determinare se questo possa aver influenzato in qualche modo la misurazione dei dati sugli outcome.

3.5 Sintesi dei risultati

Di seguito sono elencati, sinteticamente, i risultati degli articoli inclusi nella revisione sistematica.

Holden et al. (2020) (40)

In questo studio i partecipanti avevano un punteggio VISA-P medio di 47.9, una durata dei sintomi di circa 24 mesi con il 52% dei partecipanti che aveva dolore bilaterale e la media del dolore peggiore all'NRS era di 7.9 nella settimana precedente all'intervento.

Gli autori individuano una riduzione del dolore sulla scala NRS durante il SLDS (riduzione media NRS 0.9 con IC 95% 0.1-0.7; $p=0.028$) e un aumento della PPT sul muscolo tibiale anteriore (aumento medio 34 kPA con IC 95% 9.5-58.5; $p=0.009$) immediatamente dopo l'esercizio ma questi dati non sono stati sostenuti a 45 min dall'esercizio ($p > 0.05$) mentre sul tendine rotuleo non sono state trovate differenze significative nei PPT pre-contrazione e post-contrazione. Inoltre, non sono state rilevate differenze significative tra la contrazione isometrica e la contrazione resistita dinamica; entrambi i gruppi hanno prodotto gli stessi effetti ($p > 0.05$).

Infine, non è stato trovato nessun aumento significativo nello spessore del tendine rotuleo tra la valutazione pre-esercizio e quella post-esercizio ($p > 0.05$).

Rio et al. (2015) (39)

I partecipanti allo studio avevano un punteggio VISA-P medio di 52.8; il dolore medio pre-esercizio isometrico era di circa 7 all'NRS mentre quello prima dell'isotonico era circa 6.33.

Gli autori rilevano una riduzione dell'87% del dolore sull'NRS durante il SLDS dopo la contrazione isometrica sia immediata (da 7 a 0.17, $p=0.004$) che a 45 min ($p<0.001$).

Si individua anche un aumento del 18.7% della MVIC in seguito all'esercizio isometrico ($p<0.001$) mentre l'esercizio isotonico non ha prodotto cambiamenti significativi di questo parametro; questi risultati si evidenziano sia subito dopo l'esercizio che a 45 min.

Dopo l'esercizio isometrico è stata osservata anche una riduzione immediata dell'inibizione intracorticale che però non è stata valutata a 45 min.

L'esercizio isotonico ha prodotto solamente un miglioramento del 42% di dolore durante il SLDS (da

6.33 a 3.75, $p=0.04$), tuttavia i cambiamenti non sono stati mantenuti dopo 45 min.

Non c'è stata una variazione dei punteggi di dolore nel SLDS sull'arto inferiore controlaterale dopo l'esercizio unilaterale in persone con TR bilaterale.

Non è invece stato rilevato un effetto dei due tipi di contrazione sull'eccitabilità corticospinale ($p=0.81$).

Pietrosimone et al. (2020) (44)

I partecipanti avevano un punteggio VISA-P di circa 94.4 punti per il gruppo con patologia tendinea rotulea asintomatica e di 76.15 per chi aveva una TR sintomatica, il dolore basale del gruppo sintomatico durante SLDS era di 2.34 all'NRS.

Non sono stati rilevati effetti acuti sulla biomeccanica di atterraggio da un salto in seguito ad un esercizio isometrico a singola dose che aveva l'obiettivo di aumentare l'entità di carico nell'atterraggio ($p>0.05$).

Nemmeno il dolore risulta modificato in maniera significativa (c'è una riduzione di circa 0.73 punti che quindi non supera l'MCID, $p=0.136$) in seguito ad una singola dose di esercizio isometrico in soggetti con TR o patologia del tendine rotuleo asintomatica.

Pearson et al. (2020) (45)

I partecipanti allo studio avevano un dolore rotuleo da circa 2-3 anni, un punteggio al VISA-P iniziale di 55.5 punti e 3 partecipanti avevano dolore bilaterale.

Si rileva una significativa riduzione del dolore acuto alla VAS durante il SLDS (differenza media di 1.66 punti, $p<0.01$) e l'hop test (differenza media 0.84, $p=0.02$) dopo la contrazione isometrica sia nel gruppo con contrazione di breve durata che in quello con contrazione a lunga, senza differenze significative tra i due protocolli ($p=0.32$ per SLDS e $p=0.6$ per hop test); non si rileva una differenza nei punteggi di cambiamento del dolore tra i partecipanti con livelli di dolore basale più alto o più basso ($p=0.33$). A 4 settimane c'è stato un aumento significativo dell'MVIC (differenza media di 9.92 kg, $p<0.001$) ed una diminuzione del dolore durante SLDS in entrambi i gruppi (riduzione di 1.8, $p<0.001$), lo studio non è stato progettato per rilevare differenze tra i due gruppi a 4 settimane per queste variabili.

C'è stata una riduzione dello spessore del tendine in A-P nelle varie sessioni; tuttavia, anche se la deformazione trasversale del tendine è aumentata progressivamente dal 14% al 21%, non è risultata significativa ($p=0.08$).

van Ark et al. (2016) (32)

I partecipanti reclutati nello studio sperimentale avevano dolore da 35.8 ± 33.8 mesi, circa la metà aveva dolore bilaterale al tendine rotuleo, il valore medio di dolore all'NRS era di circa 6 durante un SLDS mentre il punteggio VISA-P medio basale era di 69.5 punti circa.

Lo studio ha rilevato un miglioramento significativo del dolore all'NRS durante SLDS sia con gli esercizi isometrici (riduzione media di 2.527, $p=0.012$) che con gli esercizi isotonici (riduzione di 2.952, $p=0.003$) dopo 4 settimane di trattamento, senza significative differenze tra i due gruppi ($p=0.208$).

Le stesse considerazioni possono essere fatte per il punteggio VISA-P, migliorato in entrambi i gruppi ($p<0.003$) con variazione media del punteggio di 9 punti, senza differenze tra le due modalità di contrazione ($p=0.965$).

Inoltre, in entrambi i gruppi c'è stata una percezione soggettiva di miglioramento rispetto alla condizione iniziale, senza differenze significative tra i due gruppi, con un miglioramento di 2.3 punti circa.

Rio et al. (2017) (38)

I partecipanti dello studio avevano un dolore iniziale all'NRS durante il SLDS di 5 punti e un punteggio VISA-P basale di circa 71.5 punti; quasi la metà aveva dolore bilaterale al tendine rotuleo.

Il dolore durante SLDS è migliorato significativamente con entrambe le modalità di contrazione dopo 4 settimane di trattamento, mostrando una maggiore analgesia dopo la contrazione isometrica (valore medio 1.8, $p<0.001$; differenza con l'isotonico significativa $p=0.002$) rispetto all'isotonica (valore medio 1.9, $p<0.001$).

Il punteggio VISA-P è migliorato in entrambi i gruppi (10.5 punti per il gruppo isotonicico e di 11.5 punti per l'isometrico) senza differenze significative tra i due gruppi ($p=0.99$), il cambiamento non ha superato però l'MCID pur avvicinandosi al valore.

Inoltre, un aumento dell'analgesia nella prima settimana di trattamento sembra essere correlato ad un aumento del VISA-P dopo 4 settimane, la risposta precoce ad entrambe le modalità di contrazione sembra spiegare il 60% dell'aumento del punteggio al VISA-P dopo 4 settimane.

van Ark et al. (2018) (28)

I partecipanti dello studio avevano dolore da circa 34.2 mesi, quasi la metà dei partecipanti aveva dolore bilaterale, un dolore NRS durante SLDS di 6 punti alla baseline e un VISA-P basale di 67.5 punti.

Tutte le misure di esito delle scansioni UTC (struttura del tendine, spessore e CSA) non hanno mostrato cambiamenti significativi tra le valutazioni basali e dopo i programmi di esercizio a 4 settimane ($p>0.05$); non c'erano significative differenze tra contrazione isometrica o isotonica ($p>0.05$).

A 4 settimane si riscontra una significativa diminuzione del dolore NRS con il SLDS (riduzione di 4 punti, $p<0.001$) e c'è stato un miglioramento significativo del VISA-P (aumento di 14 punti, $p=0.002$).

Nella *Tabella V* è illustrata una sintesi dei risultati trovati nei vari articoli.

Tabella V: sintesi dei risultati dei vari studi

	Holden et al. 2020 (40)	Rio et al. 2015 (39)	van Ark et al. 2016 (32), Rio et al. 2017 (38), van Ark et al. 2018 (28)	Pietrosimone et al. 2020 (44)	Pearson et al. 2020 (45)
Riduzione dolore in SLDS immediata dopo esercizio isometrico	Green	Green	Grey	Red	Green
Riduzione dolore in SLDS a 45 min dopo esercizio isometrico	Red	Green	Grey	Grey	Grey
Riduzione dolore in SLDS dopo 4 settimane di esercizio isometrico	Grey	Grey	Green	Grey	Green
Modifiche della morfologia e dello spessore del tendine rotuleo dopo esercizio isometrico	Red	Grey	Red	Grey	Yellow

Miglioramento funzionalità (VISA-P) dopo esercizio isometrico					
Aumento della forza dopo esercizio isometrico					
Aumento della PPT dopo esercizio isometrico					
Differenze tra contrazione isometrica e isotonica					
Differenze immediate tra contrazione isometrica di breve e di lunga durata					
Riduzione inibizione intracorticale immediata dopo esercizio isometrico					
Effetto della contrazione isometrica sull'eccitabilità corticospinale					
Effetti acuti dell'esercizio isometrico sulla biomeccanica di atterraggio da un salto					
Percezione soggettiva di miglioramento rispetto alla condizione iniziale, dopo esercizi con contrazione isometrica					

Legenda *Tabella V*:



Sì



Parzialmente



No



Non indagato nello studio

4 DISCUSSIONE

L'obiettivo della presente revisione era quello di valutare gli effetti prodotti da esercizi con contrazione isometrica in soggetti che soffrivano di tendinopatia rotulea. In letteratura non sono stati trovati molti studi di buona qualità che si concentrassero su questo aspetto: sono stati inclusi nella revisione 7 articoli, tuttavia, 3 di questi analizzavano lo stesso trial clinico, pertanto nella revisione complessivamente sono stati inclusi solamente 3 studi cross-over randomizzati e due RCT (28) (32) (38) (39) (40) (44) (45).

Tutti gli studi inclusi nella revisione hanno un risk of bias moderato (28) (32) (38) (39) (40) (45), eccetto uno studio che presenta un rischio basso (44).

La scelta di includere solo RCT o studi cross-over randomizzati nella revisione sistematica ha permesso di ottenere degli studi che avessero un livello di evidenza abbastanza elevato con risk of bias basso o moderato, pertanto, i risultati ricavati dagli studi inclusi nella revisione possono essere considerati tutti abbastanza affidabili.

Nei successivi paragrafi saranno analizzati e discussi i vari risultati ricavati dagli studi.

Riduzione del dolore

Analizzando i risultati degli studi inclusi nella revisione, la prima considerazione che può essere fatta è che l'effetto che è stato maggiormente studiato riguarda una riduzione del dolore immediata durante un SLDS dopo l'esercizio isometrico. Quattro trial hanno indagato questo effetto: tre studi hanno rilevato un'effettiva riduzione del dolore subito dopo ad esercizi praticati con contrazione isometrica (39) (40) (45) mentre uno studio non ha invece rilevato questo effetto (44). Bisogna notare che i partecipanti dello studio di Pietrosimone et al. 2020 (44) avevano un dolore iniziale medio più basso rispetto agli altri studi e quindi probabilmente la mancata presenza dell'effetto analgesico può essere spiegata almeno in parte da questa differenza. Inoltre, nello studio di Pearson et al. 2020 (45) la riduzione di dolore evidenziata non è elevata quanto quella rilevata negli altri studi, forse perché è stato utilizzato un angolo di flessione di ginocchio durante la contrazione isometrica di 30° rispetto ad un angolo di 60° oppure perché i partecipanti dello studio di Pearson et al. 2020 avevano un dolore basale più basso.

Sulla riduzione del dolore durante un SLDS dopo 45 minuti dalla contrazione isometrica sono presenti invece evidenze contrastanti: nei due studi che hanno analizzato questo aspetto uno (39) rileva un'effettiva riduzione del dolore anche a 45 minuti mentre l'altro (40) no. Nei due studi le caratteristiche di popolazione sono abbastanza sovrapponibili, lo studio di Holden et al. 2020 (40)

indica che i partecipanti avevano spesso dolore bilaterale, mentre nello studio di Rio et al. 2015 (39) questo dato non è specificato, quindi potrebbe influire sulla differenza rilevata. Inoltre, bisogna considerare che lo studio di Rio et al. 2015 (39) ha incluso solo 6 partecipanti, quindi i risultati risultano scarsamente generalizzabili.

Due studi hanno invece indagato una riduzione del dolore dopo 4 settimane in cui è stato somministrato un programma di esercizi isometrici: entrambi hanno rilevato un effetto analgesico significativo (28) (32) (38) (45).

È possibile quindi affermare che le evidenze attualmente disponibili in letteratura suggeriscono che la contrazione isometrica è in grado di produrre una riduzione del dolore immediata in soggetti con tendinopatia rotulea con dolore iniziale elevato, sono presenti dei dubbi riguardo l'effetto analgesico dopo 45 minuti dall'esercizio isometrico mentre invece sembra che dopo 4 settimane di un programma di trattamento effettuato tramite contrazioni isometriche si possa ottenere una riduzione del dolore.

La letteratura suggerisce quindi che la contrazione isometrica può essere una valida alternativa di trattamento dei soggetti con tendinopatia rotulea, soprattutto quando i valori di dolore sono elevati.

Modifiche morfologiche del tendine rotuleo

Numerosi studi hanno studiato un altro effetto: una modifica della morfologia e dello spessore del tendine rotuleo in seguito ad esercizi isometrici.

Due studi non hanno rilevato differenze significative (28) (40); lo studio di Pearson et al. 2020 (45) ha rilevato una riduzione dello spessore del tendine in A-P nelle varie sessioni ma, anche se la deformazione trasversale del tendine è aumentata progressivamente, questa modifica non è risultata comunque significativa.

Quindi, l'effetto dell'esercizio isometrico sulla struttura e sulle dimensioni del tendine rotuleo non è ancora chiaro: sebbene la presenza di anomalie ecografiche aumenti il rischio di sviluppare una tendinopatia rotulea (15), la relazione tra dolore e anomalie rilevate con gli ultrasuoni non è molto chiara.

Infatti, nonostante questi studi non abbiano rilevato cambiamenti significativi, potrebbe essere necessario un programma di trattamento isometrico di una durata maggiore alle 4 settimane e/o dei tempi di follow-up più lunghi per rilevare delle modifiche significative nel tendine rotuleo dal momento che il tendine è meno reattivo a breve termine rispetto al muscolo.

Inoltre, la tecnica UTC utilizzata nello studio di Pearson et al. 2020 (45) ha alcuni limiti e non si può escludere che non si siano verificate delle modifiche non rilevabili con l'UTC.

In ogni caso attualmente, i risultati degli studi sembrano suggerire che in realtà non siano necessari dei cambiamenti a livello del tessuto tendineo per produrre dei miglioramenti clinici: il tendine potrebbe adattarsi alla patologia e avere già dei livelli sufficienti di struttura fibrillare allineata. Quindi sarebbe più utile concentrarsi su programmi di esercizio che aumentino la capacità di carico della struttura fibrillare allineata circostante piuttosto che cercare di normalizzare la struttura tendinea (46).

In base ai risultati attuali, comunque, non sembrerebbe che il miglioramento dell'ecografia possa spiegare i miglioramenti clinici osservati nei partecipanti degli studi: si osserva infatti un miglioramento della sintomatologia dopo gli esercizi isometrici senza rilevare dei cambiamenti della struttura tendinea. Pertanto, gli outcome dei trattamenti per la tendinopatia rotulea dovrebbero basarsi sui risultati clinici piuttosto che sull'imaging.

In ogni caso, ulteriori studi con programmi di trattamento e di follow-up più lunghi sarebbero utili per valutare gli effetti a lungo termine degli esercizi isometrici sulla struttura tendinea e per chiarire la relazione tra esiti clinici e struttura tendinea nella tendinopatia rotulea.

Aumento della forza

Due studi hanno rilevato un aumento della forza dopo contrazione isometrica (39) (45). Rio et al. 2015 (39) rilevano un aumento dell'MVIC sia immediato che dopo 45 min dalla contrazione isometrica, questo aumento può essere probabilmente legato ad una riduzione dell'inibizione intracorticale prodotta dalla contrazione isometrica e rilevata nello studio: potrebbero esserci stati dei cambi di reclutamento del pool di motoneuroni e/o cambiamenti tissutali poiché la contrazione isometrica è in grado di attivare più unità motorie rispetto ad altre modalità di contrazione (47). Pearson et al. 2020 (45) rilevano inoltre un aumento dell'MVIC dopo 4 settimane di trattamento con programma isometrico; questo risultato è coerente con il fatto che ci sia un adattamento della forza in risposta al tempo sotto tensione e al carico.

Nonostante siano necessari ulteriori studi per confermare quanto affermato, sembrerebbe che la contrazione isometrica, riducendo il dolore, sia in grado di produrre un aumento della forza nei soggetti con tendinopatia rotulea.

Differenze tra contrazione isometrica e isotonica

Alcuni studi hanno confrontato la contrazione isometrica con quella isotonica, per determinare se fossero presenti differenze negli effetti prodotti.

Holden et al. 2020 (40) non ha rilevato differenze significative tra i due tipi di contrazioni: entrambe hanno prodotto una riduzione del dolore immediata.

Rio et al. 2015 (39) invece sostengono di aver rilevato un maggiore effetto antalgico con la contrazione isometrica, che è stato mantenuto anche a 45 minuti dalla contrazione isometrica a differenza della contrazione isotonica che invece ha prodotto una riduzione del dolore minore e solo nell'immediato. Inoltre, la contrazione isometrica ha prodotto una riduzione dell'inibizione intracorticale e un aumento della forza, effetti non rilevati con la contrazione isotonica. Infine, van Ark et al. 2016 (32) e Rio et al. 2017 (38), pur esaminando lo stesso studio, riportano evidenze contrastanti: il primo afferma che non ci siano differenze tra i due tipi di contrazione, mentre il secondo rileva un maggiore effetto antalgico con la contrazione isometrica. Il livello di evidenza per affermare che la contrazione isometrica sia migliore dell'isotonica non è sufficientemente alto, entrambi i tipi di contrazione sembrano produrre una riduzione del dolore nei soggetti con tendinopatia rotulea: sia l'esercizio isometrico che quello isotonico sono ben tollerati dagli atleti che continuano ad allenarsi ed entrambi i protocolli sembrano essere efficaci. Potrebbe esserci una lieve superiorità della contrazione isometrica rispetto all'isotonica, ma per affermarlo sono necessari altri studi.

Altri effetti

Gli effetti riportati in seguito sono stati rilevati in uno studio, pertanto i risultati sono da considerarsi degli spunti per ricerche future che approfondiscano l'argomento:

- Miglioramento della funzionalità (VISA-P) dopo un programma isometrico di 4 settimane (28) (32) (38); anche se il valore finale del VISA-P non superava l'MCID, il valore si avvicinava molto alla soglia e bisogna considerare che il questionario è stato somministrato dopo solo 4 settimane mentre solitamente si aspetta più tempo
- Aumento della PPT del tibiale anteriore in seguito a delle contrazioni isometriche, non rilevata però nel tendine rotuleo (40), pertanto non è presente un effetto sistemico
- Riduzione dell'inibizione intracorticale immediatamente dopo la contrazione isometrica (39): i soggetti con tendinopatia rotulea utilizzano grandi livelli di inibizione per moderare la potenza motoria (meccanismo di controllo motorio aberrante) e questo potrebbe

contribuire alla persistenza della patologia stessa quindi questo effetto di riduzione dell'inibizione intracorticale potenzialmente prodotto dalla contrazione isometrica andrebbe approfondito perché risulterebbe rilevante nella riabilitazione della tendinopatia rotulea (39)

- Non è stato trovato un effetto nell'immediato dell'esercizio isometrico sull'eccitabilità corticospinale (39), tuttavia, gli autori suggeriscono che questo effetto potrebbe essere rilevato utilizzando altri metodi di rilevazione rispetto a quelli utilizzati nel loro studio
- Non sono stati rilevati degli effetti acuti sulla biomeccanica di atterraggio da un salto (45), tuttavia, la coorte esaminata era nella fascia bassa dello spettro di dolore, quindi potrebbe essere che i cambiamenti biomeccanici ipotizzati dallo studio non si siano osservati per questo motivo; inoltre, una singola sessione di esercizi isometrici potrebbe non essere sufficiente per ottenere dei risultati significativi
- Uno studio ha rilevato una percezione soggettiva di miglioramento rispetto alla condizione iniziale dopo un programma di trattamento con contrazione isometrica di 4 settimane (32)
- Non è stata rilevata una differenza tra contrazioni isometriche di breve o di lunga durata, quando il tempo totale sotto tensione rimane uguale (45)

Si può quindi concludere che, analizzato quanto viene proposto dalla letteratura, la contrazione isometrica sia una buona alternativa alla contrazione eccentrica per ottenere una riduzione del dolore immediata nei soggetti con tendinopatia rotulea e dolore iniziale elevato, consentendo di proseguire l'allenamento ai soggetti sportivi. Questa tipologia di contrazione non sembrerebbe invece produrre dei cambiamenti a livello morfologico nel tendine rotuleo, anche quando i sintomi migliorano; pertanto, non si dovrebbe ricercare tanto un cambiamento morfologico del tendine ma piuttosto considerare la clinica del paziente per stabilire il miglioramento ottenuto.

Per tutti gli altri potenziali effetti prodotti dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea sono necessari ulteriori studi.

È importante inoltre considerare che i risultati riportati possono riferirsi esclusivamente ad una popolazione con diagnosi di tendinopatia rotulea (spesso cronica), sportiva (soprattutto pallavolo e basket), mediamente giovane (tra i 15 e i 40 anni) e prevalentemente maschile; pertanto, per generalizzare questi risultati ad altre tipologie di popolazione sono necessari ulteriori studi; le considerazioni appena espresse sono da riferirsi unicamente alla tipologia di popolazione appena descritta. Sarebbe interessante per la ricerca futura cercare di ampliare l'indagine ad una

popolazione più generale, in particolare includendo un maggior numero di soggetti femminili. Inoltre, quasi tutti i partecipanti avevano una tendinopatia rotulea cronica, quindi, nella ricerca futura, sarebbe interessante indagare gli effetti dell'esercizio isometrico in soggetti con tendinopatia rotulea acuta.

Futuri trial potrebbero indagare gli effetti a lungo termine dell'esercizio isometrico con un programma di trattamento isometrico maggiore a 4 settimane.

Un ulteriore aspetto che potrebbe essere indagato dalla letteratura futura è se siano presenti differenze negli effetti prodotti dall'esercizio isometrico tra soggetti con sintomi bilaterali o unilaterali.

I risultati presentati nella revisione sono in accordo con precedenti revisioni (7) (19) (21) (48) (49) (50) che esaminavano gli effetti dei vari tipi di contrazione nella tendinopatia rotulea. In generale, tutti e tre i tipi di contrazione (isometrica, HSR ed eccentrica) sono utili nella gestione della tendinopatia rotulea. Dal momento che la tendinopatia rotulea è una condizione clinica comune che influisce sulle prestazioni sportive, le strategie di trattamento devono incorporare la gestione del dolore e il miglioramento della funzione, soprattutto durante le stagioni competitive. In particolare, secondo gli studi presenti in letteratura, gli esercizi isometrici sono i più adatti per alleviare il dolore a breve termine durante la stagione agonistica. Tuttavia, anche se la contrazione isometrica sembra offrire dei vantaggi nel breve termine, non è possibile trarre conclusioni definitive sulla sua efficacia a lungo termine per mancanza di studi a lungo termine (nessuno studio è andato oltre alle 4 settimane di trattamento isometrico) mentre le contrazioni tramite HSR e contrazione eccentrica hanno invece maggiori evidenze a lungo termine.

Pertanto, nella gestione della tendinopatia rotulea e nella scelta del tipo di contrazione da utilizzare in riabilitazione, è necessario prendere in considerazione vari parametri: lo sport praticato, il livello di sport, se l'individuo è nella stagione competitiva o meno, da quanto tempo sono presenti i sintomi, i livelli di dolore attuali, le richieste funzionali e gli obiettivi sportivi.

In particolare, la contrazione isometrica risulta una valida alternativa per gli sportivi che vogliono continuare ad allenarsi, permettendo di praticare esercizi con carico elevato ma che non provocano e aumentano il dolore al tendine, a differenza degli esercizi eccentrici. Inoltre, praticare esercizi senza dolore e che riducono il dolore dopo averli effettuati permette di ottenere un aumento dell'intensità di attività e della partecipazione agli allenamenti, una rimozione della paura dell'esercizio, una migliore self-efficacy, un miglior senso di autocontrollo e una riduzione dell'ansia,

aspetti tutti importanti soprattutto quando si tratta di condizioni con dolore cronico e che potrebbero essere approfondite in maniera più oggettiva nella letteratura futura.

Limiti e punti di forza

Questa revisione presenta alcuni limiti: presenza di pochi studi disponibili in letteratura che rientravano nei criteri d'inclusione, ridotta esperienza nella conduzione di revisioni da parte del revisore e consultazione di solo 3 database. Gli studi di qualità presenti in letteratura sull'argomento analizzato dalla revisione sono pochi e, pertanto, i risultati ricavati si basano su prove limitate.

Gli studi inclusi nella revisione, sebbene siano tutti RCT o studi cross-over randomizzati, presentano dei limiti. In tutti gli studi il campione esaminato era di dimensioni ridotte, in alcuni studi erano presenti dei drop out non sempre giustificati e per alcuni soggetti non erano disponibili alcuni dati. Inoltre, solo uno studio includeva un gruppo di controllo sham, mentre tutti gli altri non prevedevano un gruppo di controllo che non effettuasse nessun trattamento, quindi non è possibile escludere del tutto che i cambiamenti rilevati non siano frutto del decorso naturale dalla patologia anche se improbabile visto che molti soggetti avevano una tendinopatia rotulea cronica con sintomatologia presente da diversi mesi; sarebbe interessante nella ricerca futura includere dei gruppi di controllo sham.

Infine, l'aderenza ai protocolli di trattamento, nei casi in cui questi erano previsti senza supervisione, è stata solamente supposta, senza che nessuno controllasse che i programmi fossero effettivamente completati nella maniera corretta; delle sessioni supervisionate di allenamento potrebbero consentire delle modifiche al programma e facilitare l'aderenza.

Un punto di forza è dato da una buona omogeneità nelle popolazioni esaminate dai vari studi della revisione: si trattava sempre di soggetti sportivi, prevalentemente maschi, con età variabile tra i 15 e i 40 anni, spesso l'attività sportiva non era stata interrotta e i soggetti continuavano i loro allenamenti, la maggior parte dei soggetti aveva una tendinopatia cronica. Anche i criteri d'inclusione e d'esclusione nei vari studi erano sovrapponibili.

I parametri della contrazione isometrica impostati nei vari studi erano simili, tranne per lo studio di Pearson et al. 2020 (45): 70-80% MVIC, ginocchio a 60° di flessione, 5 serie da 45 secondi con circa 2 min di pausa tra le serie; per gli interventi che duravano 4 settimane era richiesto ai soggetti di ripetere il programma 4-5 volte a settimana. Anche le misure di outcome utilizzate sono omogenee: NRS, VAS e VISA-P per il dolore durante il SLDS, ultrasuoni per valutare lo spessore del tendine rotuleo e MVIC valutata con macchina isocinetica.

Pertanto, nonostante i limiti rilevati, la mancanza di eterogeneità negli studi inclusi nella revisione aiuta a sopperire almeno in parte a questi limiti, permettendo di considerare abbastanza affidabili i risultati ricavati da essi, nei casi in cui i risultati dei vari studi siano concordi.

5 CONCLUSIONI

Le evidenze attualmente disponibili in letteratura suggeriscono che la contrazione isometrica è in grado di produrre una riduzione del dolore immediata in soggetti con tendinopatia rotulea con dolore iniziale elevato, sono presenti invece dei dubbi riguardo l'effetto analgesico dopo 45 minuti dall'esercizio isometrico mentre invece sembra che dopo 4 settimane di un programma di trattamento effettuato tramite contrazioni isometriche si possa ottenere una riduzione del dolore; pertanto, si può quindi concludere che la contrazione isometrica risulta essere una buona alternativa alla contrazione eccentrica per ottenere una riduzione del dolore nei soggetti con tendinopatia rotulea e dolore iniziale elevato, consentendo ai soggetti sportivi di non interrompere gli allenamenti e le partite.

La presente revisione sistematica evidenzia che attualmente, non sembrano necessari dei cambiamenti a livello del tessuto tendineo per produrre dei miglioramenti clinici nei soggetti con tendinopatia rotulea che hanno eseguito esercizi con contrazione isometrica: si osserva infatti un miglioramento della sintomatologia dopo gli esercizi isometrici senza rilevare dei cambiamenti della struttura tendinea.

Infine, sono presenti deboli evidenze da approfondire per quanto riguarda un aumento di forza osservato nei soggetti con tendinopatia rotulea che hanno seguito un programma di esercizi isometrici per 4 settimane.

Invece, il livello di evidenza per affermare che la contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea sia migliore dell'isotonica non è sufficientemente alto, entrambi i tipi di contrazione sembrano produrre una riduzione del dolore: sia l'esercizio isometrico che quello isotonico sono ben tollerati dagli atleti che continuano ad allenarsi ed entrambi i protocolli sembrano essere efficaci.

Per tutti gli altri potenziali effetti prodotti dalla contrazione isometrica nei soggetti con tendinopatia rotulea sono necessari ulteriori studi di qualità.

6 KEY POINTS

- L'esercizio isometrico può essere utilizzato nelle fasi acute di dolore da tendinopatia rotulea per ottenere un effetto analgesico immediato.
- Si consiglia di considerare i programmi di esercizio isometrico negli atleti con tendinopatia rotulea che vogliono continuare l'attività sportiva, soprattutto nei casi in cui l'esercizio eccentrico ha provocato un aumento del dolore e una conseguente riduzione dell'aderenza al programma di trattamento e/o interruzione dell'attività sportiva.
- Gli esercizi isometrici, permettendo di praticare esercizi senza dolore e provocando una diminuzione del dolore, possono essere considerati degli utili alleati nel trattamento della tendinopatia rotulea per ottenere un aumento dell'intensità delle attività praticate, una continuità nell'attività sportiva, una rimozione della paura dell'esercizio, un miglioramento della self-efficacy, una maggiore aderenza ai programmi di trattamento e una riduzione dell'ansia.
- Non sembrano necessari dei cambiamenti a livello del tessuto tendineo per produrre dei miglioramenti clinici nei soggetti con tendinopatia rotulea che hanno eseguito esercizi con contrazione isometrica.
- Non sembrano esserci grosse differenze tra gli effetti prodotti dalle contrazioni isometriche e delle contrazioni isotoniche nei soggetti con tendinopatia rotulea, entrambe risultano delle valide alternative alla contrazione eccentrica.
- Non sono presenti studi di buona qualità che indaghino gli effetti della contrazione isometrica a lungo termine (oltre le 4 settimane), quindi, almeno per il momento, gli esercizi isometrici andrebbero utilizzati soprattutto nelle prime settimane di trattamento.

7 BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1. Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-over study. *Am J Sports Med.* 2005; 33(4): 561-67.
2. Scott A, Squier K, Alfredson H, Bahr R, Cook JL, Coombes B, et al. ICON 2019: international scientific tendinopathy symposium consensus: clinical terminology. *Br J Sports Med.* 2020; 54(5): 260-62.
3. Ferretti A, Ippolito E, Mariani P, Puddu G. Jumper's knee. *Am J Sports Med.* 1983; 11(2): 58-62.
4. King D, Yakubek G, Chunghtai M, Khlovas A, Saluan P, Mont MA, et al. Quadriceps tendinopathy: a review-part 1: epidemiology and diagnosis. *Ann Transl Med.* 2019; 7(4): 71.
5. Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of jumper's knee among nonelite athletes from different sports: a cross-sectional survey. *Am J Sports Med.* 2011; 39(9): 1984-88.
6. Docking SI, Ooi CC, Connell D. Tendinopathy: is imaging telling us the entire story? *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015; 45(11): 842-52.
7. Doelen TV, Jelly W. Non-surgical treatment of patellar tendinopathy: a systematic review of randomized controlled trials. *JSAMS.* 2020; 23: 118-24.
8. Figueroa D, Figueroa F, Calvo R. Patellar tendinopathy: diagnosis and treatment. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016; 24(12): e184-e192.
9. 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; 45(11): 887-98.
10. Scott A, Backman LJ, Speed C. Tendinopathy: update on pathophysiology. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015; 45(11): 833-41.
11. D'Addona A, Maffulli N, Formisano S, Rosa D. Inflammation in tendinopathy. *Surgeon.* 2017; 15(5): 297-302.
12. Freedman BR, Bade ND, Riggan CN, Zhang S, Haines PG, Ong KL, et al. The (dys)functional extracellular matrix. *Biochim Biophys Acta.* 2015; 1853: 3158.
13. 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): 1187-91.
14. McAuliffe S, McCreesh K, Culloty F, Purtill H, O'Sullivan K. Can ultrasound imaging predict the development of achilles and patellar tendinopathy? A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2016; 50(24): 1516-23.

15. Gisslen K, Gyulai C, Nordstrom P, Alfredson H. Normal clinical and ultrasound findings indicate a low risk to sustain jumper's knee patellar tendinopathy: a longitudinal study on swedish elite junior volleyball players. *Br J Sports Med.* 2007; 41(4): 253-8.
16. van der Worp H, van Ark M, Roerink S, Pepping G, van der Akker-Scheek I, Zwerver J. Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. *Br J Sports Med.* 2011; 45(5): 446-52.
17. Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohling RT, Silbernagel KG. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2018; 52(24): 1575-85.
18. Muaidi Q. Rehabilitation of patellar tendinopathy. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2020; 20(4): 535-40.
19. Challoumas D, Pedret C, Biddle M, Yong Boon Ng N, Kirwan P, Cooper B, et al. Management of patellar tendinopathy: a systematic review and network meta-analysis of randomised studies. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2021; 7(4): e001110.
20. 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; 43(4): 267-86.
21. Scott A, Docking S, Vincenzino B, Alfredson H, Murphy RJ, Carr AJ, et al. Sports and exercise-related tendinopathies: a review of selected topical issues by participants of the second International Scientific Tendinopathy Symposium (ISTS) Vancouver 2012. *Br J Sports Med.* 2013; 47(9): 536-44.
22. Alfredson H, Pietila T, Jonsson P, Lorentzon R. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic achilles tendinosis. *Am J Sports Med.* 1998; 26(3): 360-6.
23. Purdam CR, Jonsson P, Alfredson H, Lorentzon R, Cook J, Khan KM. A pilot study of the eccentric decline squat in the management of painful chronic patellar tendinopathy. *Br J Sports Med.* 2004; 38(4): 395-7.
24. 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; 39(11): 847-50.
25. Ohberg L, Alfredson H. Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion achilles tendinosis? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004; 12(5): 465-70.
26. Langberg H, Skovgaard D, Petersen LJ, Kjaer M. Type I collagen synthesis and degradation in peritendinous tissue after exercise determined by microdialysis in humans. *J Physiol.* 1999; 521 Pt 1(Pt 1): 299-306.

27. Langberg H, Ellingsgaard H, Madsen T, Jansson J, Magnusson SP, Aagaard P, et al. Eccentric rehabilitation exercise increases peritendinous type I collagen synthesis in humans with achilles tendinosis. *Scand J Med Sci Sports*. 2007; 17(1): 61-6.
28. van Ark M, Rio E, Cook J, van den Akker-Scheek I, Gaida JE, Zwerver J, et al. Clinical improvements are not explained by changes in tendon structure on ultrasound tissue characterization after an exercise program for patellar tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil*. 2018; 97(10): 708-14.
29. 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; 15(4): 227-34.
30. Visnes H, Bahr R. The evolution of eccentric training as treatment for patellar tendinopathy (jumper's knee): a critical review of exercise programmes. *Br J Sports Med*. 2007; 41(4): 217-23.
31. Cook J, Purdam CR. The challenge of managing tendinopathy in competing athletes. *Br J Sports Med*. 2014; 48(7): 506-9.
32. van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, van den Akker-Scheek I, et al. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *J Sci Med Sport*. 2016; 19(9): 702-6.
33. Kongsgaard M, Kovanen V, Aagaard P, Doessing S, Hansen P, Laursen AH, et al. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scand J Med Sci Sports*. 2009; 19(6): 790-802.
34. Naugle KM, Fillingim RB, Riley 3rd JL. A meta-analytic review of the hypoalgesic effects of exercise. *J Pain*. 2012; 13(12): 1139-50.
35. Kosek E, Ekholm J. Modulation of pressure pain thresholds during and following isometric contraction. *Pain*. 1995; 61(3): 481-6.
36. Koltyn KF, Umeda M. Contralateral attenuation of pain after short-duration submaximal isometric exercise. *J Pain*. 2007; 8(11): 887-92.
37. Silbernagel KG, Vincenzino BT, Rathleff MS, Thorborg K. Isometric exercise for acute pain relief: is it relevant in tendinopathy management? *Br J Sports Med*. 2019; 53(21): 1330-1.
38. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, et al. Isometric contractions are more analgesic than isotonic contractions for patellar tendon pain: an in-season randomized clinical trial. *Clin J Sport Med*. 2017; 27(3): 253-9.
39. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. 2015; 49(19): 1277-83.

40. Holden S, Lyng K, Graven-Nielsen T, Riel H, Olesen JL, Larsen LH, et al. Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy: a randomized crossover trial. *J Sci Med Sport*. 2020; 23(3): 208-14.
41. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009 Jul; 7(e1000100): 6.
42. [Online]. Available from: <http://www.prisma-statement.org/>.
43. [Online]. Available from: <https://www.riskofbias.info/welcome/rob-2-0-tool/current-version-of-rob-2>.
44. Pietrosimone LS, Blackburn JT, Wikstrom EA, Berkoff DJ, Docking SI, Cook J, et al. 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; 46: 177-85.
45. Pearson SJ, Stadler S, Menz H, Morrissey D, Scott I, Munteanu S, et al. Immediate and short-term effects of short- and long-duration isometric contractions in patellar tendinopathy. *Clin J Sport Med*. 2020; 30(4): 335-40.
46. Docking SI, Cook J. Pathological tendons maintain sufficient aligned fibrillar structure on ultrasound tissue characterization (UTC). *Scand J Med Sci Sports*. 2016; 26(6): 675-83.
47. Babault N, Pousson M, Ballay Y, Hoecke JV. Activation of human quadriceps femoris during isometric, concentric, and eccentric contractions. *J Appl Physiol* (1985). 2001; 91(6): 2628-34.
48. 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; 6(1): e000760.
49. 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; 30(3): 512-15.
50. 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; 23(4): e1721.
51. Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Responsiveness of the VISA-P scale for patellar tendinopathy in athletes. *Br J Sports Med*. 2014; 48(6): 453-7.
52. The VISA score: an index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). Victorian institute of sport tendon study group. *J Sci Med Sport*. 1998; 1(1): 22-8.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio il mio relatore, il Dott. Pietro Graziani, per la disponibilità e la supervisione durante l'elaborazione della tesi.

Un ringraziamento ai docenti e agli assistenti del master che hanno condiviso conoscenze e consigli con me e, soprattutto, per aver trasmesso una grande passione per la nostra professione e per avermi dato degli spunti per svolgerla al meglio e con soddisfazione.

Vorrei ringraziare mia mamma e mio papà per avermi dato la possibilità di iscrivermi a questo master e per avermi sempre sostenuto durante il percorso; ringrazio anche i miei fratelli, Roberto e Francesca, per la disponibilità e la pazienza quando avevo bisogno di provare le varie tecniche manuali.

Grazie ai miei amici, per avermi supportato (e sopportato) durante questo percorso. Grazie anche a tutti i miei colleghi fisioterapisti e compagni di master per aver condiviso questa avventura insieme, grazie per aver reso più leggera questa esperienza nei momenti più impegnativi e stressanti e per l'amicizia che si è creata seminario dopo seminario.

