



# Università degli Studi di Padova

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

## TESI DI LAUREA

LA RIABILITAZIONE DELLA TENDINOPATIA ROTULEA NEL PALLAVOLISTA: UNA  
REVISIONE DELLA LETTERATURA  
(Rehabilitation of patellar tendinopathy in the volleyball player: a review of the literature)

RELATORE: Prof. Giovanni Volpe

LAUREANDO: Lorenzo Pesce

Anno Accademico 2022/2023

# INDICE

RIASSUNTO

ABSTRACT

INTRODUZIONE

<b>CAPITOLO 1 - IL TENDINE ROTULEO</b> .....	1
1.1 Anatomia del tendine rotuleo.....	1
1.2 Confini anatomici.....	3
1.3 Dimensioni.....	4
1.4 Vascolarizzazione del tendine rotuleo.....	5
1.5 Innervazione.....	6
1.6 Biologia e fisiologia tendinea.....	7
1.7 Biomeccanica del tendine rotuleo.....	10
1.8 Proprietà biomeccaniche.....	10
<b>CAPITOLO 2 – LA TENDINOPATIA ROTULEA</b> .....	12
2.1 Epidemiologia.....	12
2.2 Prognosi.....	13
2.3 Fattori di rischio intrinseci.....	13
2.4 Fattori di rischio estrinseci.....	14
2.5 Patofisiologia.....	14
2.6 Presentazione clinica e diagnosi.....	17
2.7 Diagnosi differenziale.....	19
2.8 Modificazioni centrali e periferiche.....	20
<b>CAPITOLO 3 – IL TRATTAMENTO CONSERVATIVO DELLA TENDINOPATIA ROTULEA: OPZIONI TERAPEUTICHE</b> .....	24
3.1 Esercizio terapeutico.....	24
3.2 Educazione del paziente.....	25
3.3 Terapie passive.....	26
<b>CAPITOLO 4 – MATERIALI E METODI</b> .....	27
4.1 Ricerca bibliografica.....	27

<b>4.2 Stringa di ricerca.....</b>	<b>27</b>
<b>4.3 Criteri di inclusione ed esclusione.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4 Criteri di eleggibilità degli studi.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPITOLO 5 – RISULTATI.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Flowchart per la selezione degli articoli secondo la ricerca.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Valutazione qualitativa degli studi.....</b>	<b>30</b>
<b>5.3 Tabella sinottica degli articoli inclusi.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITOLO 6 – DISCUSSIONE.....</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONI</b>	
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	
<b>ALLEGATI</b>	

## RIASSUNTO

**Background:** La tendinopatia rotulea è un infortunio da sovraccarico, dovuto ad uno sbilanciamento nel rapporto tra carico e capacità di carico del tendine rotuleo, nel quale la sintomatologia dolorosa è ben localizzata al polo inferiore della rotula e viene esacerbata ogni qualvolta venga applicato uno stimolo ad alta intensità, per poi regredire una volta rimosso. I pallavolisti, chiamati ad effettuare numerosi salti verticali ed atterraggi durante le partite o gli allenamenti, sono tra gli individui maggiormente a rischio di sviluppare questa patologia, la quale può limitare a lungo la partecipazione di questi atleti all'attività sportiva.

**Obiettivo dello studio:** Questo studio si pone lo scopo di valutare le diverse opzioni di trattamento per la gestione della tendinopatia rotulea negli atleti di pallavolo, valutandone l'efficacia in termini di riduzione del dolore e ritorno alla funzione.

**Materiali e metodi:** In questa revisione della letteratura, la ricerca degli articoli scientifici è stata effettuata su due banche dati online, Pubmed e The Cochrane Library. Sono stati inclusi nell'analisi solamente articoli con data di pubblicazione non antecedente al 01/01/2013 e articoli che includessero nella popolazione di studio atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea; sono state invece escluse le revisioni narrative, gli articoli con data di pubblicazione antecedente al 01/01/2013 e gli studi nei quali la popolazione di studio non comprendesse pallavolisti affetti da tendinopatia rotulea. La qualità metodologica degli articoli inclusi in questa revisione è stata poi valutata mediante la Scala di PEDro per i trial clinici randomizzati validata in lingua italiana.

**Risultati:** La ricerca sulle banche dati ha inizialmente prodotto 101 articoli; di questi, solamente 10 sono stati inclusi in questa revisione, tra cui 8 trial clinici, 1 studio di casi e 1 case report. È stato possibile valutare la qualità metodologica di 7 articoli mediante la Scala di PEDro per i trial clinici randomizzati.

**Discussione:** Sette articoli hanno valutato gli effetti a breve e medio termine dell'esercizio (isometrico, isotonico, eccentrico) nella riduzione del dolore e nel ritorno alla funzione: l'esercizio isometrico, eseguito con determinate caratteristiche, si è rivelato quello più valido nella riduzione della sintomatologia a breve termine. Uno studio ha dato risultati positivi sull'utilizzo di una cinghia infrapatellare nella riduzione immediata del dolore durante l'esecuzione di test di salto, ma non ha evidenziato miglioramenti sulla performance di salto. Risultati simili sul miglioramento dei sintomi nell'immediato sono stati ottenuti dall'utilizzo della terapia con onde d'urto extracorporee.

**Conclusioni:** Dai dati emersi da questo studio si evince come l'esercizio terapeutico e un programma di gestione del carico basato sulle caratteristiche del paziente e della sua patologia,

rappresentino la miglior risorsa a disposizione del fisioterapista nel guidare il pallavolista affetto da tendinopatia rotulea verso la riduzione del dolore e il ritorno alla partecipazione. Terapie passive come l'utilizzo di una cinghia infrapatellare e delle onde d'urto extracorporee possono essere utili a ridurre il dolore nell'immediato, ma, a causa della mancanza di evidenze che ne supportino gli effetti a medio e lungo termine, il loro utilizzo non può prescindere da un programma di esercizio e gestione del carico. Studi futuri dovranno concentrarsi sull'analizzare gli effetti a lungo termine di un programma di esercizi e delle altre opzioni terapeutiche.

**Parole chiave:** riabilitazione, tendinopatia rotulea, pallavolista.

## **ABSTRACT**

**Background:** Patellar tendinopathy is an overload injury, due to an imbalance in the ratio of load to load-bearing capacity of the patellar tendon, in which the painful symptomatology is well localized to the inferior pole of the patella and is exacerbated whenever a high-intensity stimulus is applied, then regresses once removed. Volleyball players, who are required to perform numerous vertical jumps and landings during games or practice, are among the individuals most at risk of developing this pathology, which can limit these athletes' participation in sports for a long time.

**Aim of the study:** This study aims to evaluate different treatment options for the management of patellar tendinopathy in volleyball athletes, assessing their effectiveness in terms of pain reduction and return to function.

**Materials and Methods:** In this literature review, scientific articles were searched from two online databases, Pubmed and The Cochrane Library. Only articles with publication dates not prior to 01/01/2013 and articles that included volleyball athletes with patellar tendinopathy in the study population were included in the analysis; however, narrative reviews, articles with publication dates prior to 01/01/2013, and studies in which the study population did not include volleyball players with patellar tendinopathy were excluded. The methodological quality of the articles included in this review was then assessed using the PEDro Scale for Randomized Clinical Trials validated in Italian.

**Results:** The database search initially yielded 101 articles; of these, only 10 were included in this review, including 8 clinical trials, 1 case study, and 1 case report. It was possible to assess the methodological quality of 7 articles using PEDro's Scale for Randomized Clinical Trials.

**Discussion:** Seven articles evaluated the short- and medium-term effects of exercise (isometric, isotonic, eccentric) in reducing pain and returning to function: isometric exercise, performed with certain characteristics, was found to be the most valuable in reducing symptoms in the short term. One study showed positive results on the use of an infrapatellar strap in the immediate reduction of pain when performing jump tests, but didn't show improvements on jump performance. Similar results on immediate symptom improvement were obtained from the use of extracorporeal shock wave therapy.

**Conclusions:** The data from this study suggest that therapeutic exercise and a load management program based on the characteristics of the patient and his or her pathology represent the best resource available to the physical therapist in guiding the volleyball player with patellar tendinopathy toward pain reduction and return to participation. Passive therapies such as the use of

an infrapatellar strap and extracorporeal shock waves may be helpful in reducing pain in the immediate term, but because of the lack of evidence supporting their medium- and long-term effects, their use cannot be separated from a program of exercise and load management. Future studies should focus on analyzing the long-term effects of an exercise program and other treatment options.

**Keywords:** rehabilitation, patellar tendinopathy, volleyball player.

## INTRODUZIONE

La tendinopatia rotulea rappresenta una delle cause principali di dolore anteriore di ginocchio, e, ad esserne maggiormente colpiti, sono gli sportivi professionisti e non, con un'alta percentuale tra questi che è costretta a ritirarsi dall'attività sportiva a causa della patologia, o che comunque non è in grado di tornare ai livelli di performance pre-morbosi.

Per le sue caratteristiche di gioco, la pallavolo è uno sport ad alta richiesta energetica, che prevede diversi movimenti e gesti atletici ripetitivi, tra cui i salti (soprattutto verticali) e gli atterraggi: questi hanno un notevole impatto sul ginocchio e, di conseguenza, sul carico che dovrà sostenere e trasmettere il tendine rotuleo.

Il tendine rotuleo svolge il compito di “molla” ed accumula e rilascia energia per ridurre il costo energetico dei movimenti umani e permettere lo svolgimento di attività ad alta intensità. Senza un adeguato recupero, il carico ripetuto conduce ad un'esposizione ciclica di “microtraumi” che possono portare allo sviluppo della fase reattiva della patologia. Così come altre tendinopatie, la tendinopatia rotulea è definita un infortunio da *overuse* (da sovraccarico), nel quale si verifica uno squilibrio nel rapporto tra carico e capacità di carico del tendine rotuleo.

Se la patologia colpisce l'atleta durante la stagione sportiva, può influenzare notevolmente la sua partecipazione allo sport, costringendolo a stare a lungo “lontano” dal rettangolo di gioco, con circa 1/3 degli atleti che non riesce a tornare allo sport entro 6 mesi [Ricipito R., 2022]: per il fisioterapista questa rappresenta una sfida importante, dovendosi confrontare, oltre che con l'atleta e le sue richieste, anche con lo staff tecnico della squadra e, se presente, con lo staff medico, per proporre il piano terapeutico più adeguato al paziente e alla sua condizione.

In questa revisione della letteratura si è voluto innanzitutto approfondire le caratteristiche del tendine rotuleo e della patologia, per poi focalizzare la ricerca sulle modalità di gestione di questo disturbo muscolo-scheletrico: l'obiettivo di questo studio è infatti quello di fornire una panoramica sulla riabilitazione della tendinopatia rotulea negli atleti di pallavolo secondo l'attuale evidenza scientifica, indagando l'efficacia delle diverse proposte di trattamento in particolare nella riduzione del dolore e nel recupero della funzione.

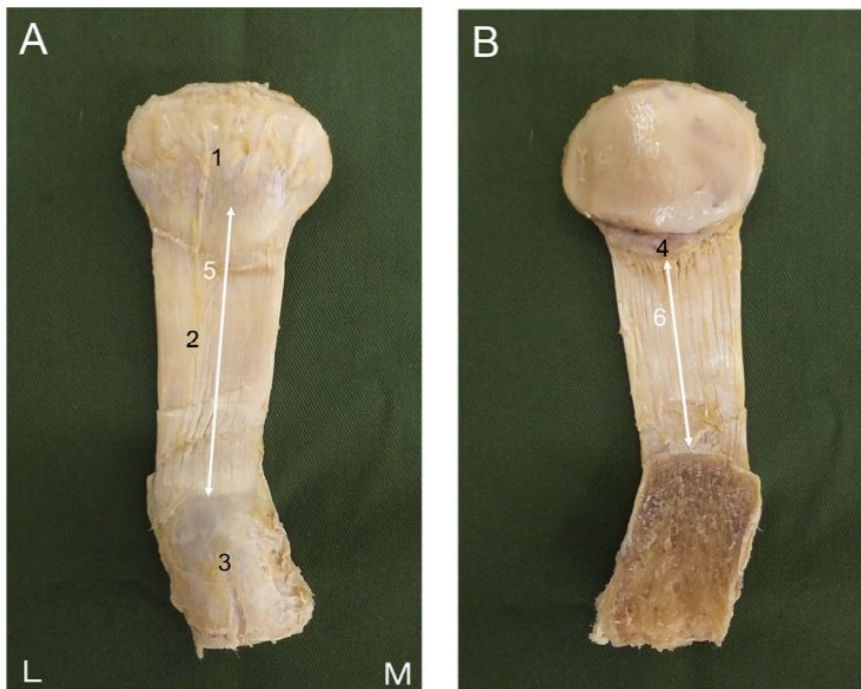


# CAPITOLO 1

## IL TENDINE ROTULEO

### 1.1 ANATOMIA DEL TENDINE ROTULEO

Il tendine rotuleo è la banda di tessuto connettivo, dotata di buona resistenza, che decorre dalla parte inferiore della rotula a una prominenza ossea della tibia, denominata tuberosità tibiale (*Figura 1*).



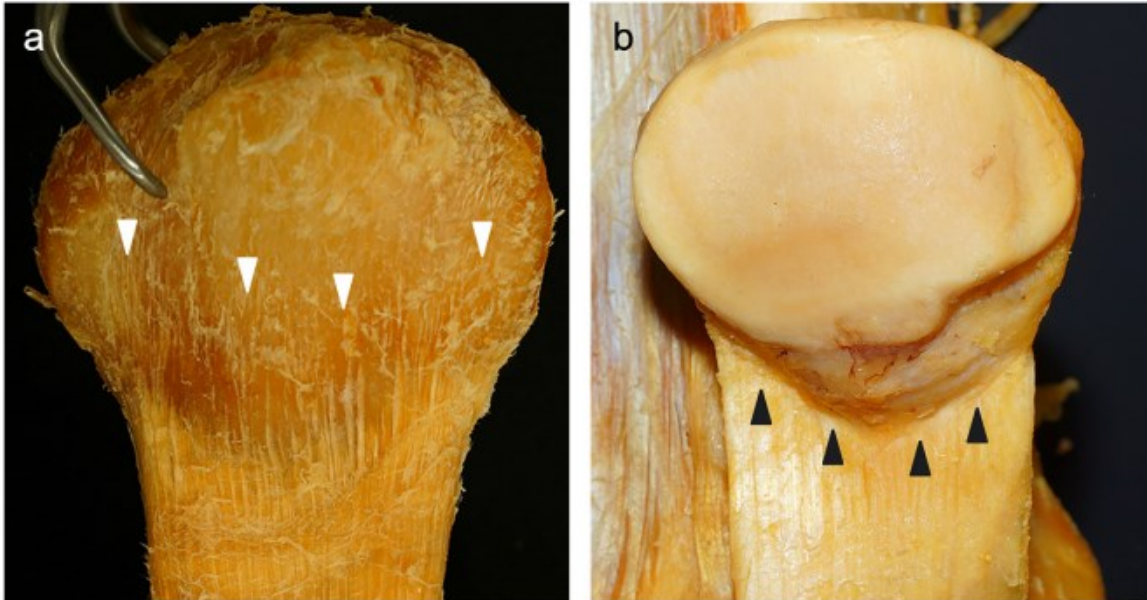
**Figura 1:** A: visione anteriore, B: visione posteriore, 1: rotula, 2: tendine rotuleo, 3: tuberosità tibiale, 4: apice inferiore della rotula, 5: lunghezza anteriore del tendine rotuleo, 6: lunghezza posteriore del tendine rotuleo.

Conosciuto anche come legamento rotuleo, il tendine rotuleo rappresenta la continuazione del tendine del quadricipite, composto per lo più dalla componente del retto femorale [Miller T.T., 2013].

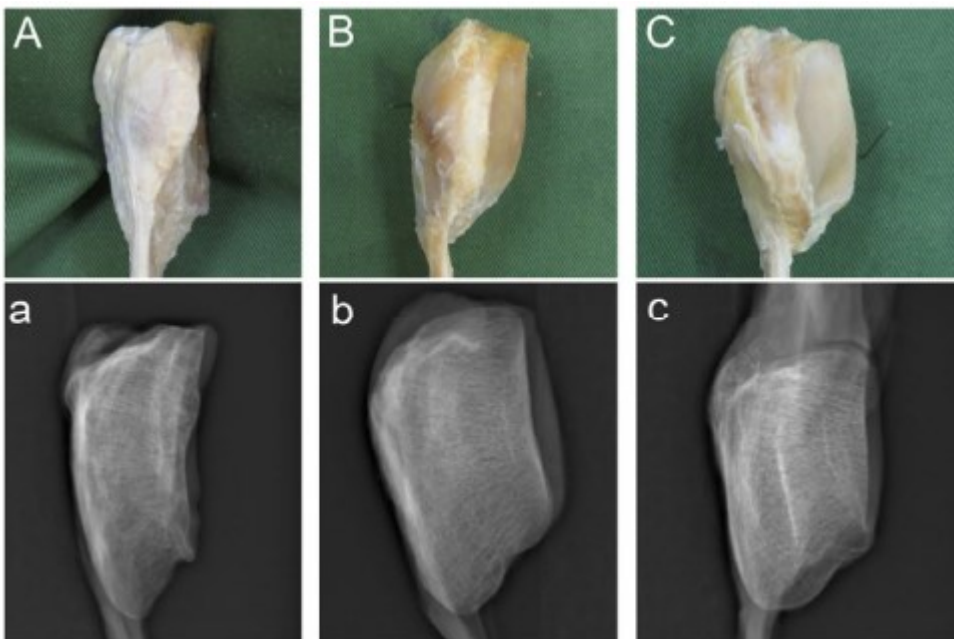
L'inserzione del tendine rotuleo all'apice inferiore della rotula è distinta in due tipologie, una anteriore e una posteriore, e rappresenta la porzione del tendine maggiormente soggetta allo sviluppo della tendinopatia rotulea a causa delle forze di trazione durante il *tilt* posteriore della rotula.

Il tendine rotuleo è composto da fibre superficiali anteriori in continuità con le fibre del tendine del quadricipite femorale, le quali, assieme alle fibre superficiali posteriori, circondano il bordo inferiore della rotula, il cui apice è pari circa al 45% della larghezza prossimale del tendine rotuleo

[Edama M., 2017]. L'apice inferiore della rotula in letteratura viene classificato in tre tipologie, a punta, intermedio e smussato (*Figura 3*).



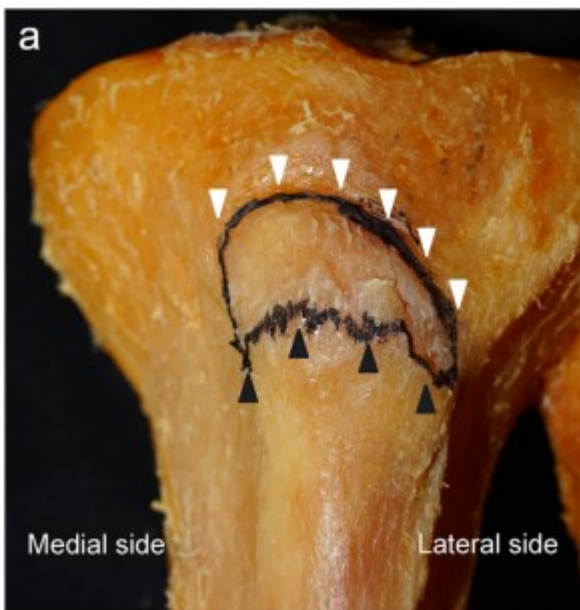
*Figura 2: a: vista anteriore, le freccette bianche indicano l'attacco delle fibre superficiali anteriori del tendine rotuleo all'apice inferiore della rotula; b: vista posteriore, le freccette bianche indicano l'attacco delle fibre superficiali posteriori del tendine rotuleo all'apice inferiore della rotula.*



*Figura 3: Diverse tipologie dell'apice inferiore della rotula; A-C: vista laterale, a-c: proiezione laterale all'RX della rotula; A: appuntito, B: intermedio, C: smussato.*

Distalmente, il confine prossimale del sito di inserzione del tendine rotuleo corrisponde al solco arcuato (*Figura 4*), che inizia nell'angolo mediale superiore della tuberosità tibiale, si estende e gira distalmente lungo il margine laterale della tuberosità tibiale; il confine distale circonda la porzione più sporgente della tuberosità tibiale, mentre il confine mediale è delimitato dai tendini della zampa d'oca e, lateralmente, alcune delle fibre superficiali sono in continuità con la fascia del muscolo tibiale anteriore.

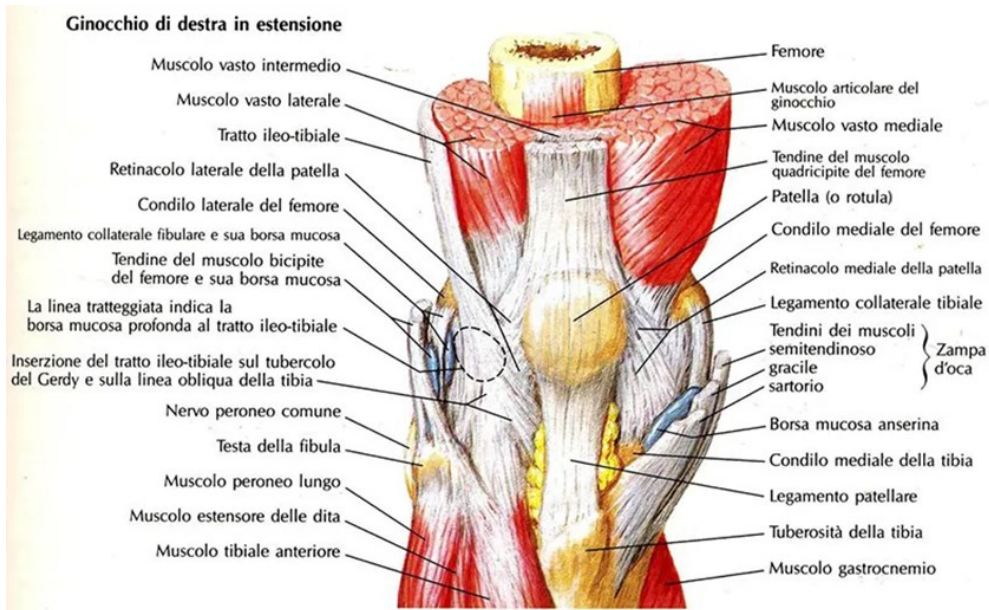
Da una prospettiva anteriore, all'esame macroscopico, il sito di inserzione del tendine rotuleo a livello tibiale presenta una forma a mezzaluna [Oikawa R., 2019].



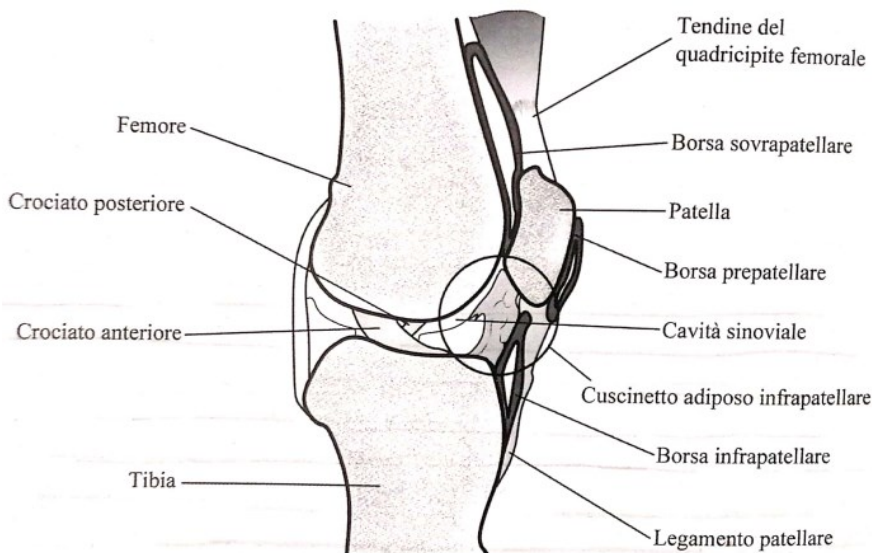
*Figura 4: a: immagine macroscopica di una vista anteriore che mostra il sito d'inserzione del tendine rotuleo sulla tibia, con il tendine rotuleo rimosso dopo tomografia computerizzata. Le freccette bianche indicano il solco arcuato. Le freccette nere indicano il confine distale del sito d'inserzione.*

## 1.2 CONFINI ANATOMICI

Il tendine rotuleo si estende dall'apice inferiore della rotula alla tuberosità tibiale: anteriormente, nella sua porzione più prossimale, confina con la borsa prepatellare; posteriormente confina con il corpo adiposo di Hoffa e, nella sua porzione distale, con la borsa infrapatellare.



**Figura 5:** visione frontale dell'anatomia del ginocchio.



**Figura 6:** rappresentazione laterale delle strutture del ginocchio.

### 1.3 DIMENSIONI

Per quanto riguarda le dimensioni del tendine rotuleo, queste possono variare in relazione a fattori quali l'età, il sesso e l'altezza.

Il tendine rotuleo presenta una larghezza maggiore a livello prossimale (circa 30 mm), per poi restringersi progressivamente scendendo verso la sua inserzione tibiale, nella sua porzione centrale (circa 27,3 mm) e distale (circa 25,0 mm).



La lunghezza viene misurata dalla tuberosità tibiale all'apice inferiore della rotula sulla superficie posteriore del tendine rotuleo, ed è di circa 45,0 mm, sviluppandosi in maniera crescente dalla porzione centrale verso i bordi, dove quello laterale è più lungo di quello mediale.

La componente posteriore del tendine rotuleo, inoltre, risulta significativamente più corta di quella anteriore.

Per quanto riguarda lo spessore anteroposteriore, il tendine rotuleo, più sottile rispetto al tendine del muscolo quadricipite, è più spesso nella sua porzione centrale (circa 3,9 mm) e distalmente, assottigliandosi gradualmente verso entrambi i bordi laterale e mediale [Oikawa R., 2019].

#### **1.4 VASCOLARIZZAZIONE DEL TENDINE ROTULEO**

La vascolarizzazione arteriosa al tendine rotuleo è stata analizzata in uno studio condotto su 20 soggetti [Soldado F., 2002]. Il tendine rotuleo è irrorato sul lato mediale dall'arteria genicolata discendente, da un ramo dell'arteria femorale, dall'arteria genicolata infero-mediale e da un ramo dell'arteria poplitea.

Sul versante laterale, il supporto vascolare è garantito dalle arterie genicolate supero e infero-laterali, che sono entrambe rami dell'arteria poplitea, e dall'arteria tibiale anteriore ricorrente, un ramo dell'arteria tibiale anteriore.

Le principali anastomosi tra il sistema di irrorazione mediale e quello laterale sono rappresentate dall'arco sovratubercolare, sulla superficie ventrale del tendine, in prossimità dell'inserzione tendinea distale, e dall'arco retropatellare, sulla superficie dorsale del tendine, a livello dell'inserzione patellare del tendine.

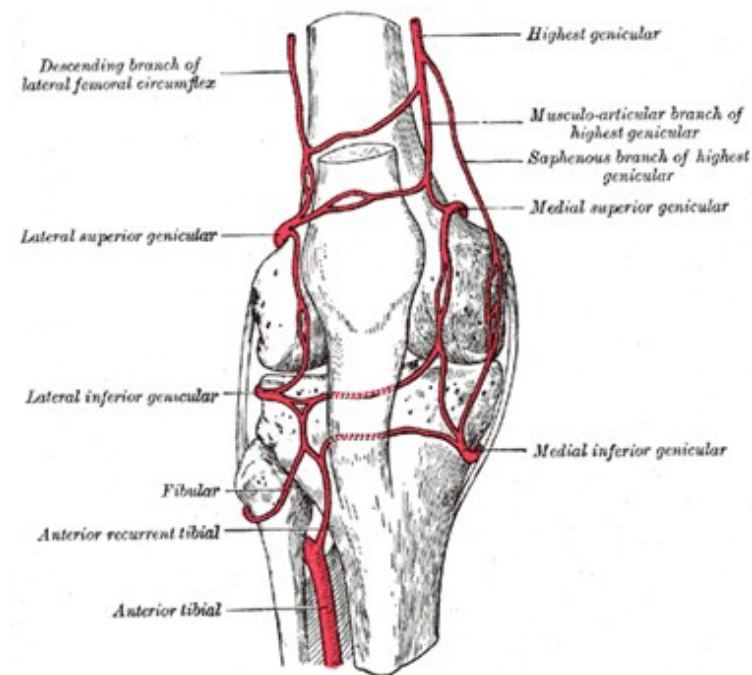
Questi archi formano un reticolo paratendineo, che costituisce l'origine delle arteriole che perforano il tendine rotuleo, irrorando il tessuto tendineo.

Il segmento inferiore del tendine rotuleo è rifornito da vasi superficiali provenienti dall'arco sovratubercolare, mentre il segmento superiore riceve vasi profondi dall'arco retropatellare. Nel terzo medio del tendine rotuleo, questi vasi intratendinei formano delle anastomosi.

Il paratenonio, ossia il complesso delle guaine connettivali che avvolgono il tendine e i suoi fasci costitutivi, presenta una vascolarizzazione maggiore del tessuto tendineo vero e proprio: oltre a ricevere le arteriole dalle arcate anastomotiche principali, infatti, riceve l'apporto sanguigno direttamente dalle arterie mediali e laterali. Questo complesso di reti vascolari rappresenta un'importante via di afflusso sanguigno per il tendine vero e proprio, poiché da qui partono rami che penetrano nel tessuto tendineo, irrorando l'epitenonio e l'endotenonio.

Dal punto di vista metabolico, vista la scarsa vascolarizzazione presente nel tendine, il consumo di ossigeno cellulare è molto basso ed è di circa 7.5 volte inferiore rispetto a quello del tessuto muscolare. Questa caratteristica rende i tendini in grado di generare energia attraverso il sistema anaerobico, evitando di andare incontro ad ischemia e morte cellulare [15].

Un basso afflusso di sangue potrebbe rappresentare un possibile fattore di rischio per l'insorgenza della patologia tendinea, e l'ipossia potrebbe contribuire a limitare il turnover della matrice, inducendo l'indebolimento del tendine.



**Figura 7:** il circolo anastomotico del ginocchio.

## 1.5 INNERVAZIONE

Il tendine rotuleo, così come gli altri tendini in generale, è caratterizzato da una scarsa innervazione, in particolare nella sua componente più profonda.

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

- Fibre mielinizzate: come i meccanocettori, che servono per rilevare cambiamenti di pressione e tensione;

- Fibre non mielinizzate: che agiscono invece come nocicettori. Sono presenti sia fibre parasimpatiche che ortosimpatiche.

In base alle differenti funzioni, le terminazioni nervose possono essere distinte in:

- Tipo I, i corpuscoli di Ruffini: sensori di pressione, presentano una soglia di attivazione relativamente bassa ed un adattamento lento, e rispondono alle condizioni statiche di posizione e allungamento;
- Tipo II, i corpuscoli di Valter-Pacini: sono sensori di pressione ma, a differenza dei precedenti, hanno un adattamento rapido e possono quindi reagire a cambiamenti dinamici come velocità, accelerazione e decelerazione;
- Tipo III, gli organi tendini del Golgi: sono recettori di tensione e posizione. Reagiscono lentamente sia alla contrazione attiva sia all'allungamento passivo delle unità muscolo-tendinee interessate e inibiscono la contrazione muscolare. Sono responsabili del riflesso miotatico inverso, che favorisce il rilassamento del muscolo allungato e la contrazione dell'antagonista a seguito di cambiamenti costanti di lunghezza muscolare.
- Tipo IV, terminazioni nervose libere: sono prevalentemente trasmettitori di informazioni nocicettive [Ricapito R., 2022].

## 1.6 BIOLOGIA E FISIOLOGIA TENDINEA

Il tendine è un'unità del tessuto muscolo-scheletrico deputata alla trasmissione delle forze dai muscoli alle ossa e, insieme ai legamenti, appartenente alla famiglia del tessuto connettivo denso.

A livello microscopico, la struttura tendinea è composta da:

- Cellule;
- Fasci di fibre di collagene densamente allineati e paralleli all'asse longitudinale;
- Matrice extracellulare;
- Guaine di rivestimento.

Le cellule, appartenenti alla famiglia dei fibroblasti, sono divise in tenociti e tenoblasti (cellule immature che invecchiando diventano tenociti) e giacciono tra le fibre di collagene immerse nella matrice extracellulare. Questi due tipi di fibroblasti rappresentano il 90% degli elementi cellulari, mentre la restante porzione è costituita da:

- Condrociti (appartenenti alla cartilagine) nei siti di inserzione sull'osso;
- Cellule sinoviali (appartenenti alla guaina tendinea);
- Cellule del tessuto vascolare;

- Cellule staminali tendinee.

I tenociti rappresentano l'unità funzionale del tendine e sono gli attori principali della sintesi dei fattori di crescita. Questi, a loro volta, inducono una cascata di eventi che terminano con una nuova espressione genica che promuove la produzione del collagene e dei componenti della matrice extracellulare. Analizzate al microscopio in condizioni di normalità, queste cellule hanno forma affusolata e sono ben disposte tra le file di collagene.

Le cellule staminali tendinee hanno la capacità di differenziarsi ogni volta che lo stimolo meccanico perturba l'ambiente interno. Una loro differenziazione in tenociti permette il mantenimento dell'omeostasi, mentre una differenziazione in adipociti, osteociti o condrociti può dare inizio ad un processo patologico.

Se l'unità funzionale del tendine è rappresentata dal tenocita, l'unità strutturale è costituita dal collagene di tipo I che è responsabile del 65%-85% del peso tendineo privo di acqua. È sintetizzato dai tenociti e la distribuzione parallela delle sue fibre garantisce una grande resistenza alle forze di trazione ed un'ottimizzazione del costo energetico della contrazione muscolare. La funzione del collagene è, infatti, quella di resistere alla forza meccanica e trasmetterla per compiere il movimento.

L'organizzazione gerarchica del collagene prevede una base caratterizzata da una tripla elica di tropocollagene che si autoassembla per poi formare:

- Fibre (legate da un tessuto di avvolgimento detto endotenonio per formare i fasci primari o fascicoli);
- Fascicoli (legati dall'epitenonio per formare i fasci terziari);
- Fasci terziari;
- Tendine stesso.

Le fibre raggiungono un diametro di 100 e 500 nm e, se osservate al microscopio elettronico, assumono un andamento ondulato con periodici cambi di direzione definiti *crimps*, conformazione che permette un allungamento fisiologico della struttura del collagene dall'1% al 3% [Ricupito R., 2022].

Diverse sono le isoforme di collagene presenti, anche se la più diffusa è quella di tipo I (65-80%). Quella di tipo III è maggiormente presente durante i processi di riparazione e nei tendini patologici, mentre quella di tipo V partecipa alla regolazione delle caratteristiche strutturali (X).

Ciò che regola l'espressione del collagene sono le forze meccaniche alle quali le cellule vengono sottoposte. Queste sono coinvolte nella sintesi delle proteine che possono aumentarne la densità a



seguito di progressivi aumenti di carico o diminuirne il contenuto in seguito ad una deprivazione dello stimolo indotto dal carico esterno. Il carico rappresenta infatti l'elemento chiave per il mantenimento o la modifica della struttura e della funzione tendinea.

Il terzo componente principale della struttura del tendine è la matrice extracellulare (ECM). Questa è un agglomerato di sostanze le cui proprietà permettono di generare una forte adesione cellulare al fine di formare una struttura che sia in grado di ricevere e convertire le informazioni provenienti dalla stimolazione meccanica e garantire la capacità di tolleranza al carico.

La matrice extracellulare si divide in una matrice interfascicolare (tra i fascicoli, localizzata nell'endotenonio) e intrafascicolare (localizzata nei fascicoli). La prima è quella metabolicamente più attiva e responsabile del turnover del collagene. Per quanto riguarda la sua composizione, la matrice extracellulare è per lo più costituita da acqua (70% del peso tendineo totale), anche se al suo interno si trovano diverse molecole, tra cui collagene, glicoproteine, proteoglicani e glicosamminoglicani.

Questi ultimi hanno la funzione di assemblare le fibre collagene e di contribuire all'integrità strutturale del tendine. I proteoglicani sono macromolecole composte da glicosamminoglicani legate ad un asse proteico che, insieme al collagene, rappresentano gli elementi fondamentali per la tendinogenesi, oltre ad essere coinvolte nell'organizzazione e nel mantenimento della struttura della matrice.

A livello funzionale, la matrice extracellulare svolge un doppio ruolo, sia biologico che meccanico. Il primo determina il rilascio di fattori di crescita e il ricambio cellulare in risposta al carico esterno, dove una moltitudine di molecole della matrice extracellulare, incluse elastina, proteoglicani e glicoproteine, sono coinvolte nella fibrillogenesi del collagene di tipo I.

Il secondo, invece, garantisce la resistenza alla deformazione e una maggiore capacità/efficienza durante movimenti a basso costo energetico e durante cicli di allungamento/accorciamento.

L'ultimo elemento chiave nella struttura del tendine è rappresentato dai tessuti di rivestimento: esternamente il tendine è avvolto da guaine di rivestimento sinoviali, presenti soprattutto nelle aree soggette a maggior stress e dove è richiesta una grande lubrificazione. Queste sono suddivise in:

- Fibrotica esterna, con funzione di fulcro per migliorare l'efficienza meccanica;
- Interna, per la produzione di liquido sinoviale.

I tessuti di rivestimento, oltre a raggruppare le fibre di collagene, offrono una via di accesso alla rete vascolare, neurale e linfatica. Dall'interno verso l'esterno si trova:

- L'endotenonio, ossia una rete connettiva che contiene le vie di trasmissione vascolare linfatica e neurale, mantiene attivi i fibroblasti dei tendini e avvolge i fascicoli (costituiti dal collagene e dalla componente cellulare);
- L'epitenonio, che lega i vasi fascicoli e fornisce vasi sanguigni per quelli linfatici e i nervi;
- Il paratenonio, ossia un tessuto connettivo che avvolge il tendine e rappresenta la struttura attraverso la quale i vasi sanguigni entrano e vascolarizzano l'endotenonio e l'epitenonio [Ricupito R., 2022].

## 1.7 BIOMECCANICA DEL TENDINE ROTULEO

Il tendine rotuleo è un componente essenziale del meccanismo estensore del ginocchio. Senza il tendine rotuleo, la rotula slitterebbe verso l'alto e viene meno la leva che aiuta a estendere il ginocchio.

Durante la flessione del ginocchio, partendo dalla completa estensione fino ai 30° di flessione, la lunghezza del tendine rotuleo subisce un notevole aumento, con deformazioni simili lungo tutte le sue tre porzioni (mediale, centrale e laterale). La lunghezza del tendine rimane poi relativamente costante fino alla massima flessione.

Sul piano sagittale, il tendine rotuleo è orientato anteriormente rispetto alla tibia alla massima estensione, mentre è orientato posteriormente a 90 e 110° di flessione. Sul piano frontale, il tendine rotuleo è orientato medialmente rispetto alla tibia ai primi gradi di flessione e forma un angolo minore con l'asse longitudinale della tibia a gradi di flessione più elevati [Defrate L.E., 2007].

## 1.8 PROPRIETÀ BIOMECCANICHE

Le proprietà biomeccaniche del tendine sono garantite dalla presenza degli elementi che ne compongono la matrice. Il tendine è un materiale viscoelastico, in grado di assorbire più energia meccanica a basse velocità di deformazione e di trasmettere con efficacia grandi carichi muscolari all'osso ad elevate velocità. L'elasticità rappresenta la capacità del tendine di cambiare, in maniera reversibile, lunghezza, e deformarsi in proporzione alla forza applicata; la viscosità è caratterizzata invece dalla dipendenza della deformazione dall'intensità e dalla durata dello stress.

Un'altra proprietà tipica dei tendini è la *stiffness*, ossia la resistenza di un tendine a cambiare lunghezza quando viene esposto ad un carico. La *stiffness* del tendine è in grado di essere adattata sulla base del compito richiesto, in modo da garantirne l'esecuzione con la massima efficienza: una

bassa *stiffness* permette al tendine di cambiare molto in lunghezza quando viene applicata su di esso una forza, viceversa, un'elevata *stiffness* sarà associata ad un allungamento minore, che permette però al tendine di restituire la forza più velocemente. Uno studio di Breda e colleghi, condotto su una popolazione di atleti affetti da tendinopatia rotulea ha evidenziato, in linea con altri studi, una significativa riduzione della *stiffness* del tendine rotuleo negli atleti che avevano eseguito un programma di esercizi basato sul carico progressivo, rispetto agli atleti che avevano eseguito un programma basato solo sull'esercizio eccentrico; e che la riduzione della *stiffness* fosse significativamente associata ad un miglioramento dell'esito clinico a 12 settimane in tutti gli atleti e a 12 e 24 settimane negli atleti sottoposti a carico progressivo [Breda S.J., 2022].

Altre proprietà sono l'isteresi elastica, che descrive la quantità di energia dissipata a causa della viscosità del materiale, la *stress relaxation*, ossia la capacità del collagene di rilassarsi progressivamente durante l'applicazione di una tensione continua (ad esempio una contrazione isometrica), e il *creep behaviour*, ossia l'aumento della deformazione nel tempo, generato dall'applicazione di una tensione costante [O'Brien T.D., 2010; Ricupito R., 2022].

## CAPITOLO 2

### LA TENDINOPATIA ROTULEA

La tendinopatia rotulea è una delle cause più frequenti di dolore anteriore di ginocchio, ed è definita come un overuse injury (infortunio da sovraccarico) che affligge prevalentemente atleti, maschi, che praticano sport di salto, corsa lineare e con cambi di direzione, tra cui la pallavolo.

#### 2.1 EPIDEMIOLOGIA

L'incidenza e la prevalenza della tendinopatia rotulea nella popolazione generale è pari allo 0,1%. Discorso diverso invece per la popolazione sportiva attiva, nella quale, la prevalenza della patologia si aggira intorno al 18,3%, con gli atleti di pallavolo e pallacanestro più colpiti: inoltre, l'epidemiologia varia in base all'età, con una prevalenza del 10,1% negli atleti più giovani che raddoppia al 21,3% negli atleti più anziani, e in base al sesso, dove negli uomini sportivi è del 17%, maggiore rispetto all'11,2% di prevalenza nelle donne sportive.

La letteratura sull'epidemiologia della tendinopatia rotulea è eterogenea e dipende da fattori legati ai partecipanti, quali sesso, età, tipo di sport e livello sportivo.

Per quanto riguarda il livello di partecipazione sportiva, gli atleti non professionisti hanno mostrato una prevalenza del 19,9% e un'incidenza del 7,5%, mentre gli atleti d'élite hanno mostrato una prevalenza del 16,7% e un'incidenza del 5,5%. Gli atleti d'élite sono infatti esposti a un volume di carico complessivamente più elevato e sono a rischio di sviluppare la tendinopatia rotulea. Allo stesso tempo, si allenano per la maggior parte dei giorni, creando una maggiore capacità di carico del tendine. Sessioni di allenamento e competizioni continue, adeguatamente pianificate in modo progressivo, sviluppano la capacità sport-specifica del tendine di sopportare le esigenze dell'allenamento e della competizione. In contesti non d'élite, con una progressione dell'allenamento meno pianificata, gli atleti dilettanti e semiprofessionisti possono essere maggiormente esposti a picchi di carico, con conseguente aumento del tasso della patologia.

Il tipo di carico sport-specifico influenza l'insorgenza di questa condizione: la prevalenza è del 6,1% nei giocatori di calcio, del 20,8% nei giocatori di basket e del 24,8% nei giocatori di pallavolo. Negli atleti di pallavolo d'élite questo dato si aggira attorno al 40-50% [Nutarelli S., 2023]. L'alto tasso di prevalenza della patologia negli sport di salto è dovuto alla ripetizione di decolli e atterraggi, caratterizzati da un elevato numero di cicli di allungamento-accorciamento del tendine rotuleo.

Per quanto riguarda la prevalenza della patologia durante la stagione sportiva, gli studi sembrano evidenziare una prevalenza media mensile più elevata durante il precampionato rispetto alla stagione agonistica.

## **2.2 PROGNOSE**

La morbilità associata alla tendinopatia rotulea può essere significativa, con il 33% degli atleti che non possono praticare sport per più di 6 mesi. Alcuni dati suggeriscono anche che addirittura il 53% degli atleti può ritirarsi prematuramente dal proprio sport a causa della patologia, mentre la prevalenza di patologia di lunga durata (almeno 32 mesi) è del 45 e 32%, rispettivamente, nei giocatori di pallavolo e di pallacanestro [Nutarelli S., 2023; Ricupito R., 2022].

## **2.3 FATTORI DI RISCHIO INTRINSECI**

Tra i fattori di rischio intrinseci per lo sviluppo della tendinopatia rotulea troviamo la ridotta flessibilità dei muscoli flessori del ginocchio e del quadricipite: si ipotizza infatti che una minore flessibilità degli hamstring possa contribuire al sovraccarico del tendine rotuleo diminuendo il vantaggio meccanico del meccanismo estensore e aumentando le richieste biomeccaniche al quadricipite durante l'estensione del ginocchio. Analogamente, una minore flessibilità del quadricipite può contribuire al sovraccarico aumentando la tensione passiva all'interno del tendine rotuleo.

La ridotta dorsiflessione della tibio-tarsica è stata descritta come un fattore di rischio intrinseco: durante il salto infatti, un'adeguata escursione articolare della caviglia è importante, poiché la caviglia è responsabile dell'assorbimento del 37-50% dell'energia cinetica totale durante la fase di atterraggio. Inoltre, una diminuzione della dorsiflessione è correlata ad un incremento delle *Ground Reaction Forces* al momento dell'atterraggio: questo, unito a una capacità potenzialmente alterata di assorbire l'energia cinetica alla caviglia, può aumentare il carico del tendine rotuleo. Inoltre, la riduzione dell'ampiezza di movimento della dorsiflessione della caviglia determina un'alterazione della cinematica del ginocchio durante l'accosciata, che può aumentare il carico del tendine rotuleo durante le attività atletiche.

Una maggior capacità di salto espone a maggior rischio di sviluppare una tendinopatia rotulea. Con una maggiore capacità di salto, gli atleti generano probabilmente forze maggiori al momento dello stacco e devono dissipare *Ground Reaction Forces* maggiori all'atterraggio, provocando un aumento del carico cumulativo sull'apparato estensore. Questi atleti possono anche completare una quantità o una frequenza maggiore di salti, poiché probabilmente hanno più opportunità di giocare e sono più coinvolti mentre sono in campo. La recente letteratura ha analizzato la relazione tra

biomeccanica del salto e tendinopatia rotulea e ha identificato un modello di atterraggio "rigido" come potenziale fattore di rischio per la tendinopatia rotulea: un'adeguata flessibilità della muscolatura dell'arto inferiore e un'adeguata gamma di movimenti sono dunque necessari per permettere un modello di atterraggio più "morbido", che può essere protettivo contro la tendinopatia rotulea.

Ulteriori fattori di rischio intrinseci potrebbero essere l'età >30 anni, il sesso maschile (per il ruolo protettivo degli estrogeni nella produzione di collagene di tipo I), il ginocchio varo e valgo, la rotula alta e la rotula bassa, l'aumento dell'angolo Q, l'eterometria degli arti inferiori e un BMI elevato (in quanto un incremento del tessuto adiposo porta ad un incremento del carico totale applicato sul tendine e ad un innalzamento dei livelli infiammatori) [Hyman G.S., 2008; Sprague A.L., 2018].

## **2.4 FATTORI DI RISCHIO ESTRINSECI**

I fattori di rischio estrinseci sono legati principalmente alle attività svolte dal soggetto.

Le superfici dure dei campi da gioco e l'eccessivo volume di allenamento sono entrambi fattori correlati all'insorgenza della tendinopatia rotulea. La prevalenza della patologia negli atleti di beach volley, che saltano e atterrano su sabbia soffice, è del 9%, rispetto ad una prevalenza fino al 45% per i giocatori di pallavolo d'élite indoor.

Per quanto riguarda il ruolo all'interno della partita, i giocatori di pallavolo che giocano come schiacciatori laterali o centrali sono più a rischio di sviluppare tendinopatia rotulea rispetto a quelli che giocano come palleggiatori, probabilmente a causa delle diverse esigenze di queste posizioni di gioco: l'analisi dei movimenti durante le partite di pallavolo ha mostrato che gli schiacciatori centrali ed esterni (compresi gli opposti) saltano di più durante una partita rispetto ai palleggiatori [van der Worp H., 2012].

## **2.5 PATOFISIOLOGIA**

La patogenesi della tendinopatia è multifattoriale; negli anni, infatti, molti modelli hanno cercato di descriverne il meccanismo patofisiologico, non sempre basando la teoria sullo stesso tipo di processo.

Non considerando gli infortuni acuti, il processo patofisiologico sarebbe causato inizialmente da uno sbilanciamento tra la capacità del tendine di sopportare il carico (o tolleranza) e il carico a cui il tendine viene sottoposto. Caricando il tendine ripetutamente e al di sopra della sua capacità, non fornendo un tempo di recupero adeguato, si verrebbero a creare delle lesioni strutturali a livello delle fibre di collagene. Il carico, in questo caso, non va inteso come la sola quantità o intensità di

allenamento a cui è sottoposto il soggetto, ma tutte le forze cui il tendine è sottoposto durante il tempo, siano esse forze tensili, compressive o frizionali.

L'adeguata risposta del tendine al carico è quindi legata alle capacità di guarigione del tendine stesso, che si è visto essere influenzata da età, fattori ormonali, fattori genetici, assunzione di farmaci, e dal tempo di recupero che il tendine ha dopo essere stato esposto al carico. Quando le capacità di guarigione del tendine non sono buone e/o quando il tempo di recupero non è adeguato, il processo di degradazione del collagene è maggiore del processo di sintesi e la guarigione non è efficace. Questo sembra essere il meccanismo che porterebbe ad un danno sempre più importante della matrice tendinea, che andrebbe incontro ad un processo di riparazione fallimentare, generando un tessuto di scarsa qualità. Questo danno, nelle prime fasi, risulta silente e la persona risulta asintomatica.

Il tendine, dunque, risponde agli stress esterni ed interni diventando più forte (adattamento positivo) o andando incontro a patologia (adattamento negativo). Il riposo completo dai carichi di trazione è controindicato in presenza di una tendinopatia, in quanto può ridurre la resistenza meccanica del tendine mentre la rimozione totale del carico può indurre cambiamenti patologici dovuti proprio alla mancanza di uno stimolo meccanico.

Una delle teorie più accreditate riguardo la patofisiologia delle tendinopatie è il *continuum model* di Jill Cook. Il modello si basa sul concetto che la tendinopatia sia un continuum di tre fasi in realtà non perfettamente distinte l'una dall'altra:

- Fase reattiva: l'eccessivo carico tensile o compressivo genera una proliferazione non infiammatoria a livello cellulare e della matrice. Il tendine nelle fasi iniziali si adatta all'eccessivo carico aumentando di spessore grazie alla proliferazione di proteoglicani, con la conseguente modifica della matrice extracellulare e l'accumulo di acqua. Avvengono inoltre modificazioni a livello dei tenociti, che variano di forma assumendo un fenotipo più simile al condrocita. L'integrità del collagene è pressoché mantenuta e non ci sono modificazioni neurovascolari. Questa fase è considerata reversibile se il carico tendineo viene gestito in modo appropriato.
- Mancata riparazione tendinea (dysrepair): questa fase è caratterizzata da una maggiore degradazione della matrice, un aumento del numero di condrociti, miofibroblasti e proteoglicani. La matrice si disorganizza e il collagene si separa, mentre aumentano i vasi sanguigni e le terminazioni nervose. Questa fase è caratterizzata da una scarsa reversibilità.
- Fase degenerativa: sono presenti aree di necrosi cellulare e disorganizzazione completa della matrice. Questa condizione è scarsamente reversibile [Ricupito R., 2022].

Il dolore può presentarsi in ognuna delle tre fasi e sembra essere legato sia alla crescita vascolare che neurale. Un'ulteriore ipotesi riguarda la presenza di molecole (catecolamine, acetilcolina e glutammato) indotte dal sovraccarico, che possono irritare le terminazioni nocicettive tramite stimolazioni autocrine o paracrine.

In letteratura scientifica, il dolore nella tendinopatia è stato differenziato in due categorie:

- Fisiologico, ovvero una risposta di difesa del corpo in seguito ad una stimolazione delle terminazioni nocicettive conseguente ad un danno o ad un'azione di un agente esterno;
- Patofisiologico, ossia un dolore in seguito al quale avvengono una serie di cambiamenti a livello del sistema nervoso che presentano poca correlazione tra danno tissutale e risposta dolorosa. In questa condizione si instaurano delle vere e proprie modificazioni a livello neuronale quali una generazione ectopica di potenziali d'azione, dei cambiamenti topici corticali e a livello sinaptico una facilitazione della trasmissione, una perdita della connettività e una formazione di nuovi circuiti.

Con questo comportamento il dolore si allontana da quelle che sono le sue proprietà di sistema di allarme e protezione dell'organismo, assumendo un meccanismo in parte svantaggioso per l'individuo.

Molte delle caratteristiche del dolore tendineo rientrano nel dolore di tipo patofisiologico, per questo i sintomi possono persistere per anni nonostante i substrati patologici presenti siano di lieve entità. Un esempio della natura ambigua del dolore tendineo è la rottura spontanea di tendini silenti che presentano un'importante degenerazione ma nessun sintomo algico. La semplice nocicezione non è né sufficiente né necessaria per il manifestarsi del dolore, e diventa perciò importante non considerare la presenza del sintomo come indicatore di danno del tessuto, ma considerarlo nel suo ampio spettro biopsicosociale, specialmente durante la riabilitazione.

Il dolore è un parametro che va sempre monitorato durante l'iter riabilitativo ed un suo miglioramento è considerato un segno di successo e un criterio di avanzamento nelle diverse fasi riabilitative.

Il Continuum model è stato formulato con l'obiettivo di descrivere la capacità di un tendine patologico di ripristinare la propria struttura ed i fattori che limitano il ritorno alla funzionalità in assenza di sintomatologia dolorosa. La suddivisione in tre fasi è mirata a proporre degli interventi su misura a seconda dello stadio della patologia.



Nel 2016 questo modello è stato sottoposto a revisione e le osservazioni dei ricercatori hanno spinto a definire la compresenza di due distinte fasi all'interno di uno stesso tendine: in un tendine degenerato è possibile osservare aree in cui si sviluppano delle fasi reattive, definendo quindi un possibile quadro di reattivo-su-degenerativo. Nel 2016 la modifica del Continuum model è stata relativa al link tra il dolore e le diverse fasi del processo di sviluppo della tendinopatia. La manifestazione del dolore tendineo è in parte correlata alla perdita di funzione in cui si assiste ad una riduzione della forza muscolare e del controllo motorio. In questo contesto, con il termine funzione, si intende la capacità di un muscolo o di una catena cinetica di trasferire forza al tendine e la capacità di quest'ultimo di assorbire e rilasciare tale energia per compiere un gesto atletico.

La forte relazione tra dolore tendineo e carico meccanico, in aggiunta alla meccanoresponsività dei tenociti e alla mancanza di innervazione sensoriale del tessuto tendineo profondo, può suggerire come potenziale motore della nocicezione la segnalazione autocrina e paracrina da parte delle cellule tendinee. Sembrerebbe quindi che le sostanze rilasciate dal tenocita possano sensibilizzare i meccanocettori ed i nervi periferici anche a distanza, innescando un quadro di dolore. In alcuni casi, in persone con tendinopatia sono presenti anche segni di sensibilizzazione centrale.

È bene sottolineare come un tendine che presenta una struttura disorganizzata, tuttavia, non risulta essere necessariamente sintomatico, determinando quindi un quadro di patologia asintomatica [Ricupito R., 2022].

## **2.6 PRESENTAZIONE CLINICA E DIAGNOSI**

La presentazione tipica del dolore nella tendinopatia rotulea ha le seguenti caratteristiche:

- Localizzato nel polo inferiore della rotula;
- Sensibile alla palpazione;
- Si accentua una volta applicato un carico ad alta intensità e regredisce una volta rimosso;
- Il dolore è dose-dipendente: maggior carico = maggior dolore;
- Diminuisce con il fenomeno “*warm-up*”;
- Difficilmente presente a riposo;
- Può aumentare con il mantenimento della posizione seduta (guidare, cinema...).

Oltre la palpazione manuale può essere di aiuto anche il *Royal London Hospital test*. L'esecuzione di questo test clinico si sviluppa in due fasi:

- Nella prima, si palpa il polo inferiore della rotula con il ginocchio in estensione e si nota la localizzazione del dolore.
- Si ripete poi la palpazione del tendine con il ginocchio flesso a 90°.

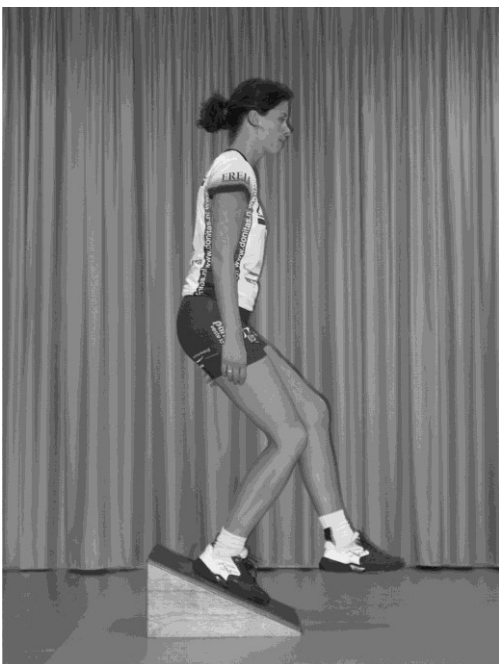
Il test è considerato positivo se il dolore è inferiore o assente nella seconda manovra, con il ginocchio in flessione.

Nei pazienti sintomatici con tendinopatia rotulea, il test del Royal London hospital ha mostrato una sensibilità inferiore (88% vs 98%) e una specificità superiore (98% vs 94%) rispetto alla palpazione manuale. Al netto delle evidenze si può affermare che entrambi i test dovrebbero essere eseguiti per una corretta diagnosi clinica della tendinopatia rotulea.

Il test di carico e di provocazione è fondamentale per capire la risposta del dolore all'aumento e alla diminuzione del carico.

Può essere diviso in base all'intensità in:

- Basso carico: *single leg decline squat* (figura 8), ossia uno squat su una singola gamba ponendo un rialzo sotto il tallone;
- Alto carico: atterraggio da un salto.



**Figura 8:** esecuzione del *single-leg decline squat* su una pedana inclinata.

Sulla base della localizzazione del dolore è possibile fare una prima distinzione clinica:

- La porzione superiore della rotula potrebbe indicare una tendinopatia quadricipitale prossimale tipica di chi svolge esercizi in massima accosciata di ginocchio;
- La porzione distale del tendine rotuleo (tuberosità tibiale) potrebbe indicare una tendinopatia distale del rotuleo tipica dei runner [Ricupito R., 2022].

È importante sottolineare che la presenza di alcuni segni e sintomi presenti nella tendinopatia rotulea potrebbe simulare altre cause di dolore anteriore di ginocchio; sarà fondamentale, dunque, indagare in modo completo la storia clinica del paziente, l'anamnesi, altri segni e sintomi, ed infine in caso di necessità, ricorrere all'imaging.

L'imaging a ultrasuoni (US) e la risonanza magnetica sono entrambi accurati nel rilevare le alterazioni strutturali del tendine rotuleo. Tuttavia, l'imaging a ultrasuoni è più accurato della risonanza magnetica nel confermare la tendinopatia rotulea clinicamente diagnosticata, presentando alcuni vantaggi evidenti, tra cui l'alta risoluzione per delineare i cambiamenti focali nell'architettura del tendine, la disponibilità del *color doppler* (CD) e/o del *power doppler* (PD) per rilevare sottili cambiamenti nella vascolarizzazione del tendine, la relativa facilità di accesso alla tecnologia, che sta diventando sempre più portatile, il maggiore comfort per il paziente e il costo inferiore. Sia il CD che il PD misurano il flusso sanguigno, anche se il PD può essere preferito al CD per la misurazione della vascolarizzazione tendinea, grazie alla maggiore sensibilità al flusso e alla minor complessità di utilizzo [Hyman G.S., 2008].

I tendini rotulei dei giocatori di pallavolo valutati con US e PD, rispetto ai controlli asintomatici, presentano una prevalenza significativamente più elevata di anomalie strutturali combinate e di neovascolarizzazione.

L'utilizzo dell'imaging tuttavia non è sufficiente per la diagnosi di tendinopatia rotulea, poiché è stato ampiamente dimostrato che un tendine patologico che presenta alterazioni strutturali e funzionali, potrebbe non essere doloroso, e, viceversa, che il dolore stesso può manifestarsi in assenza di alterazioni strutturali: ai fini della diagnosi, ricoprono dunque un ruolo di fondamentale importanza l'accuratezza dell'anamnesi e dell'esame obiettivo del paziente.

## **2.7 DIAGNOSI DIFFERENZIALE**

La tendinopatia rotulea rappresenta solamente una delle possibili cause di dolore anteriore di ginocchio, pertanto, ai fini di una corretta valutazione del paziente, è necessario riconoscere quegli elementi emergenti dall'anamnesi e dall'esame obiettivo che possono condurci verso una diagnosi differenziale.

La borsa infrapatellare, ad esempio, può andare incontro a stati infiammatori in seguito a infezioni, gotta e traumi diretti e produrre dolore alla palpazione medialmente, lateralmente e posteriormente al tendine rotuleo.

Il corpo adiposo di Hoffa, invece, può andare incontro a lesione in seguito a traumi in iperestensione o rotazione di ginocchio, oppure a causa di una compressione contro la rotula, il

legamento patellofemorale e/o la troclea femorale. Dal punto di vista della sintomatologia, si distingue dalla tendinopatia rotulea poiché il dolore non segue un pattern di tipo *on/off*, non migliora con il riscaldamento e può essere attivato anche con esercizi a basso carico soprattutto nella fase terminale dell'estensione.

Un'ulteriore causa di dolore anteriore potrebbe essere, soprattutto nelle donne, l'articolazione femoro-rotulea, in una condizione clinica chiamata "sindrome femoro-rotulea": questa si caratterizza per la presenza di dolore a livello retropatellare e peripatellare, evocato anche in attività a basso carico, come ad esempio gli affondi, salire o scendere le scale o gli squat.

Anche la plica sinoviale può rientrare nelle cause di dolore anteriore di ginocchio e spesso viene confusa con la tendinopatia quadricipitale, in quanto i sintomi aumentano con bassi gradi di flessione di ginocchio come nel cammino. In seguito ad un sovraccarico o ad un infortunio può andare incontro a processi infiammatori che sembrerebbero essere legati alla sua frizione contro la rotula o la porzione mediale del condilo femorale e solitamente risalta una storia di sensazione di schiocco (spesso in seguito ad un trauma).

Infine, in età giovanile, sono presenti patologie correlate con la crescita che possono contribuire al dolore anteriore di ginocchio. È molto difficile che un ragazzo di 13/14 anni sviluppi una tendinopatia rotulea, quindi già dall'ingresso in studio, la presenza di dolore anteriore in assenza di traumi a quest'età, dovrebbe insospettire il clinico.

La sindrome di Sinding Larsen Johansson (SLJ) e il morbo di Osgood Schlatter (OSD) possono causare sintomi sia durante le attività che a riposo localizzato, rispettivamente, al polo inferiore della rotula (SLJ) o a livello dell'inserzione distale (OSD).

Clinicamente, le attività a basso carico e l'inginocchiarsi possono essere provocatorie in entrambe le patologie.

La conferma avviene attraverso l'esame radiografico, dove si può osservare un ispessimento a livello della tuberosità tibiale associato alla dolorabilità alla palpazione sull'inserzione distale del tendine e della tuberosità tibiale nel morbo di Osgood Schlatter, o al di sotto del margine inferiore rotuleo nella sindrome di Sinding Larsen Johansson [Ricupito R., 2022].

## **2.8 MODIFICAZIONI CENTRALI E PERIFERICHE**

I pazienti con patologie tendinee tendono a manifestare una serie di modificazioni a livello centrale e periferico che portano ad un'alterazione del controllo motorio. Il controllo motorio subisce l'influenza sia di ciò che avviene a livello centrale sia di ciò che avviene a livello periferico. Ciò

che a livello centrale regola la capacità di eseguire un movimento è la corteccia motoria e la sua proiezione discendente, il tratto corticospinale.

Dalla corteccia motoria prende origine il segnale nervoso che scende lungo il tratto corticospinale e va ad attivare le unità motorie a seguito di input eccitatori e inibitori nel *pool* dei motoneuroni spinali che determineranno, in definitiva, l'attivazione dell'unità muscolo-tendinea. Per far sì che il movimento avvenga in maniera efficace occorre che vi sia equilibrio tra la funzionalità della corteccia motoria e quella del tratto discendente.

Per ciò che riguarda le “disfunzioni” di queste due strutture si parla spesso di:

- Inibizione dell'area motoria → diminuzione del reclutamento dei motoneuroni;
- Eccitazione del tratto corticospinale → eccessiva attivazione dei motoneuroni.

L'argomento è stato approfondito da Rio e colleghi, i quali hanno studiato il comportamento della struttura neuronale delle vie motorie in soggetti con tendinopatia rotulea e dolore anteriore di ginocchio.

Utilizzando una stimolazione magnetica transcraniale, il gruppo di studio ha osservato come i pazienti senza dolore anteriore di ginocchio erano in grado di aumentare il reclutamento delle unità motorie via via che aumentava l'intensità di potenziali motori evocati con la stimolazione transcranica. Il gruppo tendinopatico, al contrario, manifestava un rapidissimo incremento delle unità motorie reclutate e subito dopo uno stazionamento nella capacità di controllare il quadricipite. In pratica, questi pazienti non erano in grado di modulare la risposta contrattile e di conseguenza il movimento.

Allo stesso modo, lo stesso gruppo di studio ha notato un alto profilo di inibizione centrale suggerendo come questi pazienti, oltre a non essere in grado di modulare la quantità di informazioni discendenti (eccitabilità corticospinale), non erano a loro volta capaci di generare da soli potenziali motori, poiché manifestavano una scarsa proprietà di attivazione motoneurale. In pratica, è come se in questi pazienti il cervello lanciasse messaggi periferici di non attivazione del muscolo collegato al tendine patologico.

Il risultato funzionale di questa incapacità di controllo è un “adattamento” apparentemente protettivo che riduce la quantità di carico applicata al tendine, il quale, attraverso le connessioni interemisferiche, può manifestarsi anche a livello dell'arto controlaterale. La dottoressa Rio è riuscita a rendere bene l'idea con questa citazione: «*I pazienti con tendinopatia rotulea sono come dei piloti di auto che guidano con un piede sul freno e uno sull'acceleratore*» [Ricupito R., 2022].

Oltre ai cambiamenti centrali, sono stati descritti anche cambiamenti a livello periferico nei pazienti con tendinopatia rotulea.

Per esempio, l'arto affetto evidenziava una ridotta forza isocinetica concentrica a 60°/s rispetto all'arto sano, ed una esacerbazione del dolore alla richiesta di una contrazione eccentrica a 30°/s. In questi soggetti, inoltre, vi è spesso una compromissione generale dell'intero arto inferiore con una minor forza degli estensori d'anca, una ridotta flessibilità dei flessori di ginocchio e una minor mobilità della caviglia in carico. Come per le altre tendinopatie, anche in questo caso, in situazione dinamica, può avvenire un'alterazione del controllo motorio, che si manifesta prevalentemente durante il salto. A seconda della diversa tipologia di salto vengono analizzate diverse variabili che possono fornire informazioni sulle possibili modifiche a livello della biomeccanica del gesto. Gli individui con tendinopatia rotulea, durante un *drop jump*, dove viene richiesto un atterraggio da una superficie rialzata, mostrano un picco di flessione d'anca e di ginocchio significativamente ridotto rispetto ai sani. Analizzando lo *stop jump* (l'arresto del basket, dove il giocatore si ferma e salta per tirare) è stato messo in evidenza come queste modificazioni risultino simili sia negli atleti sani che in quelli con tendinopatia rotulea, nonostante questi ultimi tendono ad adottare una strategia di atterraggio caratterizzata da un'aumentata fase di appoggio per ridurre il carico sul tendine, pur raggiungendo picchi di forza simili al gruppo di controllo. Un ulteriore studio effettuato su soggetti sani, ha mostrato come il carico maggiore sul tendine rotuleo venga esercitato durante l'atterraggio orizzontale piuttosto che verticale e questo sembra essere accentuato in soggetti che atterrano con una maggiore flessione di anca e ginocchio, in combinazione con una limitata dorsiflessione di caviglia. Rispetto al salto in verticale infatti, quello in orizzontale sembrerebbe essere il più adatto nell'evidenziare possibili alterazioni inerenti alle strategie motorie utilizzate dai soggetti con tendinopatia rotulea.

Queste alterazioni possono coinvolgere anche gli altri distretti dell'arto inferiore: a livello prossimale è possibile evidenziare una precoce flessione d'anca nel momento dell'atterraggio, interrotta da un rapido movimento in estensione e adduzione. Questa strategia motoria viene messa in atto per spostare posteriormente il centro di massa riducendo la dorsiflessione di caviglia e attivando maggiormente i muscoli flessori di ginocchio. Si può notare una rotazione interna e una riduzione della flessione di ginocchio come strategia di riduzione del carico sul tendine. A livello istalmentale, nella fase di atterraggio, la caviglia dei soggetti con patologia tendinea mostra una maggiore inversione.

Anche nel reclutamento muscolare sono state evidenziate differenze durante la fase di atterraggio orizzontale, dove il gruppo di controllo attivava nell'ordine, tibiale anteriore e gastrocnemio

mediale, ischiocrurali e per ultimo il quadricipite, mentre nei soggetti con patologia rotulea il primo gruppo muscolare ad attivarsi era quello degli ischiocrurali, seguito da tibiale anteriore e gastrocnemio mediale e, anche in questo caso, il quadricipite era l'ultimo ad attivarsi [Ricupito R., 2022].

## CAPITOLO 3

### IL TRATTAMENTO CONSERVATIVO DELLA TENDINOPATIA ROTULEA: OPZIONI TERAPEUTICHE

#### 3.1 ESERCIZIO TERAPEUTICO

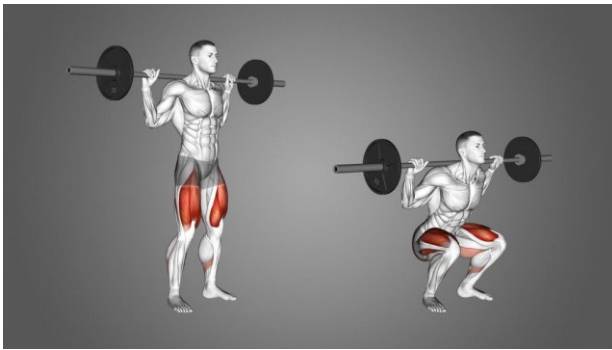
Una delle opzioni terapeutiche più accreditate nella gestione della tendinopatia rotulea è sicuramente l'esercizio terapeutico. Questo agisce principalmente modulando l'espressione del collagene, favorendo l'attività dei tenociti, aumentando la *compliance* tendinea e riducendo il dolore [Ricipito R., 2022].

L'esercizio eccentrico, che rappresenta l'esercizio più comunemente prescritto nella gestione di questa patologia, risulta spesso doloroso da eseguire, soprattutto qualora il paziente si trovi in una fase severa-irritabile della sua condizione. La tendinopatia rotulea rappresenta una condizione molto frustrante durante la stagione sportiva degli atleti, esponendoli ulteriormente a pressioni da parte dello staff tecnico e della società. I pazienti che hanno eseguito le contrazioni eccentriche durante la stagione sportiva hanno mostrato poca aderenza al trattamento a causa dell'aumento del dolore e dell'assenza di miglioramenti negli *outcome* clinici. Esercizi dolorosi da completare inoltre potrebbero causare cambiamenti nel controllo motorio, provocando una riorganizzazione e alterazione della rappresentazione corticale: questo potrebbe ulteriormente contribuire alla cronicizzazione del dolore tendineo attraverso la presenza di pattern motori aberranti.

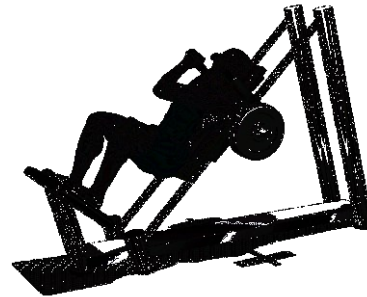
Un programma di esercizi, calibrato sulle caratteristiche del soggetto e della sua patologia e in grado di ridurre il dolore per permettere il proseguimento dell'attività sportiva, potrebbe dare una maggior aderenza al trattamento, ad esempio mediante l'inserimento di esercizi isometrici o isotonici.

Un esempio di esercizi isotonici sono gli esercizi con sovraccarico ad esecuzione lenta, comunemente conosciuti come *Heavy slow resistance* (HSR). Un esempio di protocollo con HSR per la tendinopatia rotulea comprende l'esecuzione di *back squat* (figura 9), *hack squat* (figura 10) e *leg press* dall'estensione di ginocchio ai 90° di flessione (figura 11). Per questi esercizi, sono consigliate dalle 3 alle 4 serie per esercizio, con una resistenza corrispondente all'ideale 15 RM (ripetizione massima). La progressione prevede un incremento del carico e una diminuzione delle ripetizioni fino ad arrivare al 6 RM. In base al grado di irritabilità è possibile iniziare l'esecuzione in intervalli di escursione articolare intermedi, dai 90°/60° in catena cinetica aperta e tra i 30°-70° in catena cinetica chiusa, per poi progredire a pieno ROM.





**Figura 9:** esecuzione di un back squat con bilanciere.



**Figura 10:** esecuzione di un hack squat.



**Figura 11:** leg press machine.

È stato dimostrato che il carico dinamico lento e pesante è in grado di stimolare sia l'unità muscolare che tendinea stessa, portando al rimodellamento delle fibre, alla normalizzazione della morfologia del tessuto tendineo e alla riduzione della *stiffness* [Hyman G.S., 2008; Muaidi Q.I., 2020; Ricupito R., 2022; Rio E., 2015].

### 3.2 EDUCAZIONE DEL PAZIENTE

L'educazione del paziente al dolore e alla natura della sua condizione ricopre un ruolo fondamentale all'interno del trattamento: una buona comunicazione è essenziale per favorire l'adesione del paziente alla riabilitazione. È importante che il paziente, che sia o meno un'atleta, abbia aspettative realistiche sul percorso riabilitativo e che impari a monitorare i propri sintomi e adattare la partecipazione e il carico in modo appropriato durante la riabilitazione. Il monitoraggio regolare del dolore aiuta a guidare e a progredire nel programma di esercizi e deve essere mantenuto anche dopo il ritorno allo sport. La gestione autonoma dei sintomi, negli atleti, è necessaria per tutta la carriera sportiva, sia essa ricreativa o professionale [Muaidi Q.I., 2020].

### 3.3 TERAPIE PASSIVE

Le terapie passive possono essere utili nella gestione della sintomatologia nella tendinopatia rotulea solo se integrate all'interno di un programma basato sul carico e sugli esercizi, a causa della mancanza di prove di efficacia autorevoli in merito al loro utilizzo.

La crioterapia può essere utilizzata a scopo analgesico, ma il suo utilizzo, negli atleti, è sconsigliato prima di una gara o di un allenamento, poiché potrebbe mascherare il dolore e portare ad un nuovo infortunio.

Tra le tecniche di terapia manuale, è stato dimostrato che la manipolazione miofasciale degli estensori del ginocchio possa avere un effetto positivo sulla riduzione del dolore nei pazienti affetti da tendinopatia rotulea nei follow-up a breve e a lungo termine [Muaidi Q.I., 2020].

L'utilizzo di tutori e tecniche di taping neuromuscolare sono spesso utilizzate clinicamente per aiutare a scaricare il tendine rotuleo; tuttavia, non ci sono prove a sostegno della loro efficacia.

La terapia con onde d'urto extracorporee (ESWT), le iniezioni di corticosteroidi e le infiltrazioni di PRP (*Platelet-Rich Plasma*) sono interventi frequentemente utilizzati nell'ambito clinico, ma con una scarsa quantità di prove a sostegno della loro efficacia nella gestione di questa condizione.

Secondo la letteratura, l'ESWT sarebbe in grado di diminuire la trasmissione dei segnali di dolore al cervello attraverso l'iperstimolazione dell'area dolorosa, inoltre, può favorire la rigenerazione del tessuto tendineo e distruggere la calcificazione dei tessuti.

Il plasma ricco di piastrine (PRP) si ritiene invece in grado di migliorare la riparazione dei tessuti grazie alla sua elevata concentrazione di fattori di crescita.

Un confronto diretto tra l'utilizzo di iniezioni di plasma ricco di piastrine e terapia con onde d'urto extracorporee in soggetti affetti da tendinopatia rotulea ha evidenziato risultati significativamente migliori nel gruppo trattato con le iniezioni di PRP ai follow-up di 6 e 12 mesi; tuttavia, entrambi i gruppi hanno mostrato miglioramenti simili e significativi al follow-up di 2 mesi.

L'iniezione peritendinea di corticosteroidi e l'assunzione farmaci steroidei per via orale possono essere utili ed efficaci, nel breve termine, per ridurre rapidamente la risposta cellulare e il dolore in un tendine reattivo, mostrando tuttavia scarsi risultati nel medio/lungo termine [Hyman G.S., 2008; Rudavsky A., 2014].

## **CAPITOLO 4**

### **MATERIALI E METODI**

#### **4.1 RICERCA BIBLIOGRAFICA**

La ricerca degli articoli scientifici è stata effettuata consultando le seguenti banche dati:

- PubMed Central (PMC): un archivio gratuito *full-text* di riviste biomediche della “U.S. National Institutes of Health’s National Library of Medicine (NIH/NLM)”;
- The Cochrane Library: è il prodotto principale di Cochrane. È una raccolta di sei database che contengono diverse tipologie di evidenze scientifiche indipendenti di alta qualità in ambito medico-sanitario, e un settimo database che fornisce informazioni sui gruppi Cochrane.

Per l’accesso alla lettura dei *full-text* degli articoli è stato utilizzato il servizio Proxy fornito dall’Università degli Studi di Padova.

#### **4.2 STRINGA DI RICERCA**

La stringa di ricerca utilizzata su PubMed e The Cochrane Library è stata la seguente:

*(exercise OR physical therapy OR treatment OR rehabilitation) AND (patellar tendinopathy OR jumper's knee) AND (volleyball) AND (pain OR function OR sport)*

#### **4.3 CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE**

I criteri di inclusione degli studi sono stati:

- Lingua inglese o italiana;
- Studi in cui la popolazione comprendesse atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea;
- Data di pubblicazione successiva all’01/01/2013.

I criteri di esclusione sono stati:

- Revisioni narrative;
- Data di pubblicazione antecedente all’01/01/2013;
- Studi in cui la popolazione non comprendesse atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea.

#### **4.4 CRITERI DI ELEGGIBILITÀ DEGLI STUDI**

P = pazienti che praticano pallavolo affetti da tendinopatia rotulea;

I = trattamento conservativo;

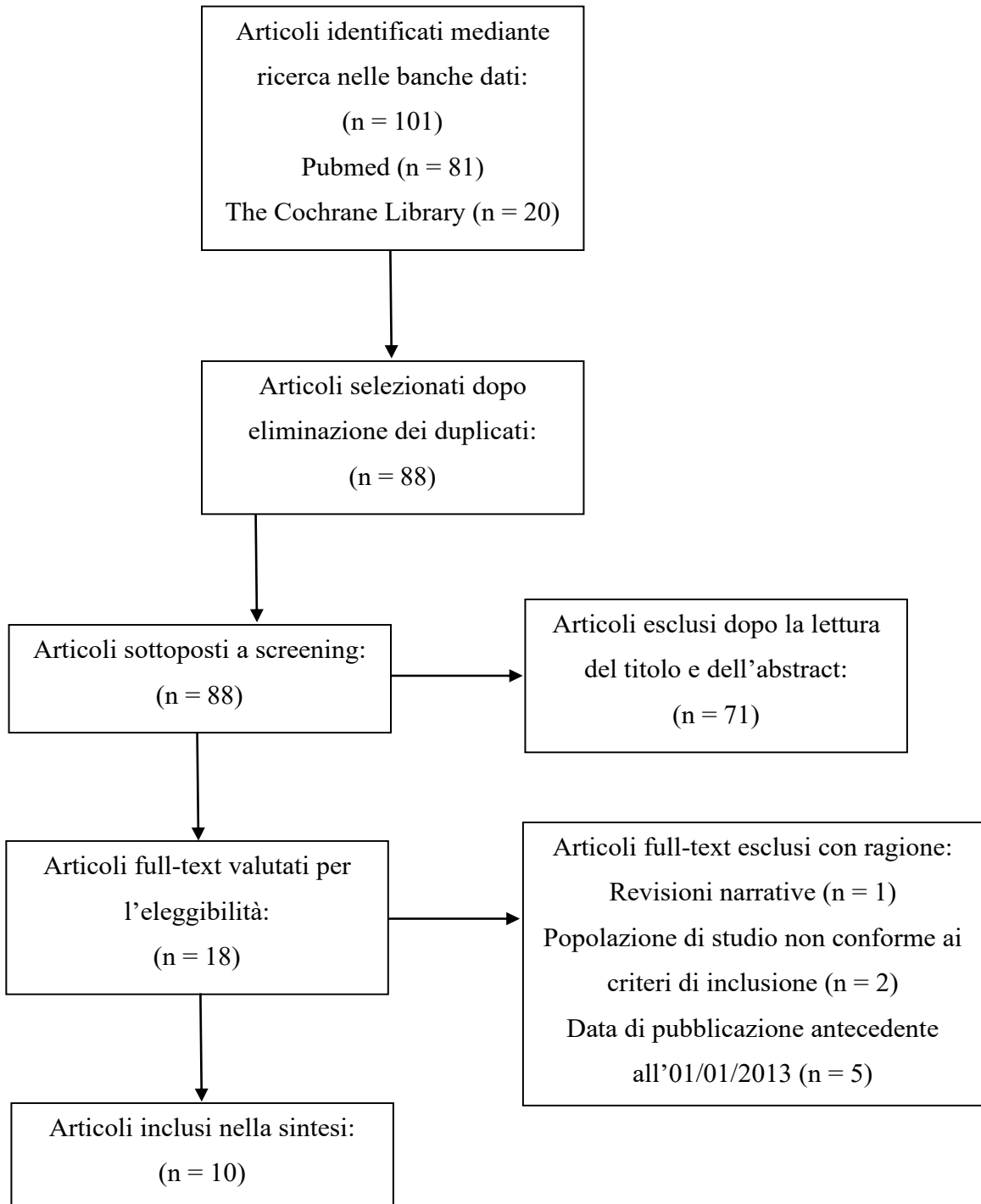
C = nessun trattamento/altro trattamento;

O = riduzione del dolore, ritorno alla funzione, ritorno allo sport.

## CAPITOLO 5

### RISULTATI

#### 5.1 FLOWCHART PER LA SELEZIONE DEGLI ARTICOLI SECONDO LA RICERCA



## 5.2 VALUTAZIONE QUALITATIVA DEGLI STUDI

La valutazione qualitativa degli studi è stata effettuata mediante la Scala di PEDro per i trial clinici randomizzati validata in italiano. Su un totale di 10 studi analizzati, 3 studi sono risultati non valutabili. La tabella 1 sotto riportata elenca gli studi inclusi e i relativi punteggi di valutazione.

ARTICOLO	PUNTEGGIO
[1] Biernat R., Trzaskoma Z., Trzaskoma L., Czaprowski D. (2014)	5/10
[3] Dar G., Mei-Dan E. (2019)	N/V
[8] Kulig K., Noceti-DeWit L.M., Reischl S.F., Landel R.F. (2015)	N/V
[14] Pearson S.J., Stadler S., Menz H., Morrissey D., Scott I., Munteanu S., Malliaras P. (2020)	6/10
[16] Rio E., Kidgell D., Purdam C., Gaida J., Moseley G.L., Pearce A.J., Cook J. (2015)	6/10
[17] Rio E., van Ark M., Docking S., Moseley G.L., Kidgell D., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Zwerver J., Cook J. (2017)	6/10
[19] Scattone Silva R., Ferreira A.L., Nakagawa T.H., Santos J.E., Serrão F.V. (2015)	N/V
[22] van Ark M., Cook J.L., Docking S.I., Zwerver J., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Rio E. (2016)	5/10
[23] van Ark M., Rio E., Cook J., van den Akker-Scheek I., Gaida J.E., Zwerver J., Docking S. (2018)	6/10
[25] Zhang Z.J., Lee W.C., Fu S.N. (2020)	5/10

**TABELLA 1:** valutazione qualitativa degli articoli inclusi in questo studio. Le due colonne comprendono gli articoli e i relativi punteggi alla scala PEDro.

## 5.3 TABELLA SINOTTICA DEGLI ARTICOLI INCLUSI

La tabella sinottica dei risultati degli articoli inclusi in questa revisione (escluso l'articolo di Kulig K. et al, (2015) [8]) è stata inserita negli allegati al termine di questo documento, successivamente alla bibliografia.

## CAPITOLO 6

### DISCUSSIONE

In questa revisione della letteratura sono stati analizzati 10 articoli scientifici. L'obiettivo di questo studio era quello di verificare quali fossero le strategie di intervento fisioterapiche maggiormente efficaci nella gestione della tendinopatia rotulea negli atleti di pallavolo.

7 articoli [1, 14, 16, 17, 19, 22, 23] dei 10 presi in esame hanno valutato l'efficacia dell'esercizio terapeutico in particolare nella riduzione del dolore e nel ritorno alla funzione e allo sport, oltre che al miglioramento degli impairment clinici riscontrati all'esame obiettivo (quali ad esempio performance di salto, forza isometrica e isotonica).

In accordo con le ipotesi iniziali, si evince come l'esercizio terapeutico e la gestione del carico rappresentino la miglior strategia nella gestione di questa patologia, soprattutto per quanto riguarda gli *outcome* a lungo termine.

Poiché, nella maggior parte dei casi, la tendinopatia ha origine da uno squilibrio nel rapporto tra carico e capacità di carico tendinea, sarà necessario ridurre il carico sul tendine rotuleo, modificando ad esempio i parametri d'allenamento: l'intensità (intesa come il peso utilizzato), il volume (inteso come il numero totale di esercizi) e la frequenza (intesa come il numero di volte in cui il paziente dovrà allenarsi) [Kulig K., 2015].

Tutte le diverse tipologie di esercizio analizzate in questo studio (isometrico, isotonico, eccentrico) hanno riportato risultati favorevoli nel miglioramento dei sintomi e nel recupero della funzione o della performance.

La scelta della tipologia di esercizio che dovrà essere somministrata al paziente, deve tenere conto delle caratteristiche del paziente e della sua patologia, in particolare del grado di severità-irritabilità della sua condizione.

Dai dati emersi, l'esercizio isometrico sembra essere quello maggiormente adatto per la riduzione del dolore a breve termine, confrontato con l'esercizio isotonico: tutti i 5 studi che hanno analizzato gli effetti dell'esercizio isometrico [14, 16, 17, 22, 23] hanno infatti riportato miglioramenti significativi del dolore durante la stagione sportiva. In particolare, lo studio di Rio e colleghi, condotto su 6 atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea, ha riportato un'analgia immediata dopo una sessione di contrazioni isometriche, eseguite all'70% della MCIV (massima contrazione isometrica volontaria) e con determinate caratteristiche di tempo di tenuta (45"), tempo di pausa (120"), numero di ripetizioni (5), frequenza (2-3 volte al giorno) e ampiezza del movimento

(intermedia); quest'analgesia permaneva, inoltre, fino a 45' post-esecuzione [Rio E., 2015]. Tuttavia, Pearson e colleghi, nel loro studio, non hanno riportato differenze significative nel miglioramento immediato e a 4 settimane della sintomatologia tra un programma di contrazioni isometriche, eseguite all'85% della MCIV, di breve durata (24 serie di 10 secondi con 20 secondi di riposo tra una serie e l'altra) o di lunga durata (6 serie di 40 secondi con 80 secondi di riposo tra una serie e l'altra) [Pearson S.J., 2020]. Questo risulta particolarmente d'aiuto nel caso di un paziente che presente un quadro clinico di elevata reattività della patologia, che potrebbe non essere in grado di tollerare contrazioni per periodi più lunghi di tempo.

Pertanto, soprattutto in una fase iniziale, nella quale l'atleta potrebbe non essere in grado di tollerare le contrazioni isotoniche, le contrazioni isometriche possono essere utili nell'indurre analgesia e nel migliorare la contrazione del quadricipite attraverso la diminuzione dell'inibizione corticale, senza compromettere la performance.

Nonostante gli *outcome* favorevoli a breve termine, non è possibile trarre delle conclusioni sull'efficacia dell'esercizio isometrico a lungo termine a causa della mancanza di studi che comprendano follow-up oltre le 6 settimane.

Gli esercizi isotonici (tra cui esercizi HSR) ed eccentrici hanno mostrato buoni risultati ai follow-up a lungo termine (12 e 24 settimane) per quanto riguarda il dolore e la funzione, mentre i dati sul loro effetto sul dolore a breve termine sono contrastanti: per evitare dei *flare-up* è dunque consigliato introdurre progressivamente questa tipologia d'esercizi, una volta che il paziente è in grado di tollerare attività isotoniche a basso carico e con minimo dolore. A differenza della fase iniziale della patologia, nella quale l'esecuzione degli esercizi isometrici è consigliata tutti i giorni, anche due volte al giorno, le sessioni di allenamento eccentriche e HSR devono essere intervallate da due giorni di riposo, e non devono essere eseguite nei giorni in cui gli atleti partecipano ad allenamenti di pallavolo particolarmente intensi o alle partite [Biernat R., 2014].

Fondamentale, all'interno del programma riabilitativo, è un intervento mirato agli impairment dell'intera catena cinetica riscontrati all'esame obiettivo, che può comprendere anche l'allenamento del lato asintomatico. Lo studio di Scattone Silva e colleghi ha analizzato gli effetti di un programma di esercizi di 8 settimane mirato al rinforzo dei muscoli estensori dell'anca (in particolare il grande gluteo) e alla modificazione delle strategie di atterraggio e salto (fornendo delle indicazioni verbali al paziente) in un atleta di pallavolo di 21 anni con una storia di 9 mesi di tendinopatia rotulea sintomatica: al follow-up a 8 settimane, il paziente era completamente asintomatico durante lo svolgimento dell'attività sportiva ed era in grado di eseguire degli atterraggi



con un angolo di flessione d'anca maggiore, il quale aumenta il momento estensore dell'anca e diminuisce il momento estensore del ginocchio [Scattono Silva R., 2015].

L'inserimento di esercizi pliometrici di accumulo e rilascio energetico è fondamentale per aumentare la capacità di carico del tendine e migliorare la potenza in vista del ritorno in campo: nel caso di un atleta di pallavolo, questi esercizi dovranno comprendere soprattutto salti verticali ed atterraggi, essendo questi i gesti atletici maggiormente richiesti in questo sport, e potranno essere resi ancor più sport-specifici indossando le calzature sportive utilizzate dall'atleta durante la pratica agonistica. Un ulteriore elemento potrebbe essere l'inserimento della palla da pallavolo per spostare maggiormente il focus della paziente durante l'esecuzione dell'esercizio da interno ad esterno.

Lo studio di Kulig e colleghi sottolinea l'importanza dell'educazione dell'atleta, in particolare riguardo il processo patologico, i cambiamenti patofisiologici del tendine, le opzioni di trattamento, i comportamenti e le strategie che dovrà mettere in atto e la prognosi della condizione. È fondamentale, inoltre, che il paziente comprenda che “dolore” non è sinonimo di “danno” acuto al tendine, ma che esso rappresenta una reazione tipica in un tendine affetto da tendinopatia, legato soprattutto ad uno squilibrio nel rapporto carico-capacità di carico, e che potrà comunque svolgere degli esercizi al di sotto di una certa soglia di dolore [Kulig K., 2015].

A tal proposito, van Ark e colleghi, nel loro studio, hanno evidenziato come, in seguito alla somministrazione di un programma di esercizi isometrico o isotonico dalla durata di 4 settimane, non siano stati riscontrati cambiamenti significativi nella struttura e nelle dimensioni del tendine rispetto alla *baseline*, nonostante sia stata ottenuta una notevole riduzione della sintomatologia in entrambi i gruppi: questo rimarca come non vi sia una chiara correlazione tra cambiamenti strutturali e patofisiologici e la sintomatologia [van Ark M., 2018].

Per quanto riguarda altre tipologie di intervento fisioterapico, lo studio di Dar G. e Mei-Dan E. ha valutato gli effetti immediati dati dall'utilizzo di una cinghia infrapatellare, posta sotto la rotula e al di sopra del tendine rotuleo, sul dolore e la performance di salto in una popolazione di giovani atleti di pallavolo e basket affetti da tendinopatia rotulea: questa ha ottenuto dei dati significativi sulla riduzione del dolore durante i test di salto, ma non sul miglioramento della performance di salto (altezza e potenza del salto).

Si può tuttavia pensare che la riduzione del dolore conseguente all'utilizzo sia in grado di migliorare questa performance, sia durante l'allenamento che durante la partita.

L'applicazione della cinghia infrapatellare può rappresentare, dunque, un trattamento immediato locale, conservativo, facilmente applicabile (anche dal paziente), ben tollerato ed economico per

ridurre la tensione sul tendine rotuleo e il dolore negli atleti di pallavolo colpiti da tendinopatia rotulea [Dar G., 2019].

Zhang e colleghi, nel loro studio, hanno riportato una riduzione significativa del modulo di Young (un indice della *stiffness* tendinea) in seguito ad una singola di sessione di terapia con onde d'urto extracorporee (ESWT), in una popolazione di atleti di pallavolo e basket: questa riduzione nella *stiffness* tendinea si è inoltre dimostrata correlata ad una significativa riduzione del dolore percepito dai pazienti durante l'esecuzione di un *single-leg decline squat*. Questi dati sono in linea con quelli delle ipotesi iniziali e di altri studi che descrivono l'ESWT come una modalità di trattamento efficace nel ridurre il dolore a breve termine negli atleti affetti da tendinopatia rotulea, in particolare ad una densità di energia di flusso compresa tra 0.17 e 0.25 mJ/mm<sup>2</sup> [Zhang Z.J., 2020].

## CONCLUSIONI

La tendinopatia rotulea rappresenta una condizione frequente e limitante negli atleti di pallavolo, influenzando notevolmente la partecipazione allo sport di questi soggetti. Questo studio si proponeva di fornire una panoramica sulla riabilitazione di questa patologia nei pallavolisti, e di verificare l'efficacia dei possibili trattamenti: la scelta dell'intervento terapeutico somministrato dev'essere ponderata sulla base di diversi fattori, tra cui la posizione di gioco, la severità-irritabilità dei sintomi, la cronicità della condizione, il momento della stagione sportiva, il regime di allenamento usuale e l'età del paziente. Il progetto riabilitativo, oltre che con l'atleta, dovrà essere discusso anche con lo staff medico della squadra (se presente) e lo staff tecnico.

Dagli studi analizzati in questo studio, in accordo con le ipotesi iniziali, è emerso che l'esercizio terapeutico, e un programma basato sulla gestione e la somministrazione di un carico progressivo ed appropriato alla fase della patologia, rappresentino l'intervento di prima linea nella riduzione del dolore e nel ritorno alla funzione e allo sport negli atleti di pallavolo colpiti da tendinopatia rotulea, oltre ad essere l'opzione terapeutica con la maggior quantità di evidenze scientifiche a sostegno della sua efficacia, in particolare a lungo termine.

Non è stata evidenziata una superiorità tra un tipo di contrazione e un altro, tuttavia, almeno nel breve termine, le contrazioni isometriche sembrano essere maggiormente efficaci nell'indurre analgesia rispetto alle contrazioni isotoniche: ulteriori studi in futuro potrebbero analizzare gli effetti di queste contrazioni a lungo termine.

Terapie aggiuntive come l'utilizzo di una cinghia infrapatellare e la terapia ad onde d'urto extracorporee (ESWT), in questo studio, hanno dato risultati positivi nell'immediato e a breve per quanto riguarda la riduzione del dolore, ma il loro utilizzo non può prescindere da un programma riabilitativo basato sul carico e l'esercizio terapeutico: esse mancano infatti di prove a sostegno della loro efficacia sul medio e lungo termine, in particolare nel ritorno alla funzione e allo sport.

I limiti di questo studio sono rappresentati dal numero ridotto di articoli scientifici inclusi nell'analisi e dalla mancanza di revisioni sistematiche al suo interno. Inoltre, sono stati inclusi solamente trial clinici che comprendessero atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea all'interno della popolazione di studio, benché questa patologia colpisca anche persone non praticanti alcuno sport.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Biernat R., Trzaskoma Z., Trzaskoma L., Czaprowski D. (2014), "Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19- year old volleyball players.", *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(1):43-52.
- 2) Breda S.J., de Vos R.J., Krestin G.P., Oei E.H.G. (2022), "Decreasing patellar tendon stiffness during exercise therapy for patellar tendinopathy is associated with better outcome.", *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(5):372-378.
- 3) Dar G., Mei-Dan E. (2019), "Immediate effect of infrapatellar strap on pain and jump height in patellar tendinopathy among young athletes.", *Prosthetics and Orthotics International*, 43(1):21-27.
- 4) Defrate L.E., Nha K.W., Papannagari R., Moses J.M., Gill T.J., Li G. (2007), "The biomechanical function of the patellar tendon during in-vivo weight-bearing flexion.", *Journal of Biomechanics*, 40(8):1716-22.
- 5) Edama M., Kageyama I., Nakamura M., Kikumoto T., Nakamura E., Ito W., Takabayashi T., Inai T., Onishi H. (2017), "Anatomical study of the inferior patellar pole and patellar tendon.", *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(12):1681-1687.
- 6) Figueroa D., Figueroa F., Calvo R. (2016), "Patellar Tendinopathy: Diagnosis and Treatment.", *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 24(12):e184-e192.
- 7) Hyman G.S. (2008), "Jumper's knee in volleyball athletes: advancements in diagnosis and treatment.", *Current Sports Medicine Reports*, 7(5):296-302.
- 8) Kulig K., Noceti-DeWit L.M., Reischl S.F., Landel R.F. (2015), "Physical therapists' role in prevention and management of patellar tendinopathy injuries in youth, collegiate and middle-aged indoor volleyball athletes.", *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 19(5):410-20.
- 9) Miller T.T. (2013), "The patellar tendon.", *Seminars in Musculoskeletal Radiology*, 17(1):56-9.
- 10) Muaidi Q.I. (2020), "Rehabilitation of patellar tendinopathy.", *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 20(4):535-540.

- 11) Nutarelli S., da Lodi C.M.T., Cook J.L., Deabate L., Filardo G. (2023), "Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Athletes and the General Population: A Systematic Review and Meta-analysis.", *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(6):23259671231173659.
- 12) Oikawa R., Tajima G., Yan J., Maruyama M., Sugawara A., Oikawa S., Saigo T., Takahashi H., Doita M. (2019), "Morphology of the patellar tendon and its insertion sites using three-dimensional computed tomography: A cadaveric study.", *Knee*, 26(2):302-309.
- 13) O'Brien T.D., Reeves N.D., Baltzopoulos V., Jones D.A., Maganaris C.N. (2010), "Mechanical properties of the patellar tendon in adults and children.", *Journal of Biomechanics*, 43(6):1190-5.
- 14) Pearson S.J., Stadler S., Menz H., Morrissey D., Scott I., Munteanu S., Malliaras P. (2020), "Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy.", *Clinical Journal of Sport Medicine*, 30(4):335-340.
- 15) Ricupito R., Miraglia N., Torneri P., Campardo G., Diprè S., Barbari V., Turone L., Ramponi N. (2022), "Tendinopatie dell'Arto Inferiore. Guida alla valutazione, riabilitazione ed esercizio terapeutico con un approccio basato sulle evidenze scientifiche.", *Fisioscience*, Verona.
- 16) Rio E., Kidgell D., Purdam C., Gaida J., Moseley G.L., Pearce A.J., Cook J. (2015), "Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy.", *British Journal of Sports Medicine*, 49(19):1277-83.
- 17) Rio E., van Ark M., Docking S., Moseley G.L., Kidgell D., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Zwerver J., Cook J. (2017), "Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial.", *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(3):253-259.
- 18) Rudavsky A., Cook J. (2014), "Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee).", *Journal of Physiotherapy*, 60(3):122-9.

- 19) Scattone Silva R., Ferreira A.L., Nakagawa T.H., Santos J.E., Serrão F.V. (2015), "Rehabilitation of Patellar Tendinopathy Using Hip Extensor Strengthening and Landing-Strategy Modification: Case Report With 6-Month Follow-up.", *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(11):899-909.
- 20) Soldado F., Reina F, Yuguero M., Rodriguez-Baeza A. (2002), "Clinical anatomy of the arterial supply of the human patellar ligament.", *Surgical and Radiological Anatomy*, 24(3-4): 177-182.
- 21) Sprague A.L., Smith A.H., Knox P., Pohlig R.T., Grävare Silbernagel K. (2018), "Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis.", *British Journal of Sports Medicine*, 52(24):1575-1585.
- 22) van Ark M., Cook J.L., Docking S.I., Zwerver J., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Rio E. (2016), "Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial.", *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(9):702-6.
- 23) van Ark M., Rio E., Cook J., van den Akker-Scheek I., Gaida J.E., Zwerver J., Docking S. (2018), "Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy.", *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 97(10):708-714.
- 24) van der Worp H., van Ark M., Zwerver J., van den Akker-Scheek I. (2012), "Risk factors for patellar tendinopathy in basketball and volleyball players: a cross-sectional study.", *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(6):783-790.
- 25) Zhang Z.J., Lee W.C., Fu S.N. (2020), "One Session of Extracorporeal Shockwave Therapy-Induced Modulation on Tendon Shear Modulus is Associated with Reduction in Pain.", *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(2):309-316.

# ALLEGATI

## ALLEGATO 1: Scala PEDro per la valutazione della qualità metodologica dei trial clinici.

### Scala di PEDro - Italiano

---

1. I criteri di elegibilità sono stati specificati	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
2. I soggetti sono stati assegnati in maniera randomizzata ai gruppi (negli studi crossover, è randomizzato l'ordine con cui i soggetti ricevono il trattamento)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
3. L'assegnazione dei soggetti era nascosta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
4. I gruppi erano simili all'inizio dello studio per quanto riguarda i più importanti indicatori prognostici	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
5. Tutti i soggetti erano "ciechi" rispetto al trattamento	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
6. Tutti i terapisti erano "ciechi" rispetto al tipo di trattamento somministrato	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
7. Tutti i valutatori erano "ciechi" rispetto ad almeno uno degli obiettivi principali dello studio	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
8. I risultati di almeno un obiettivo dello studio sono stati ottenuti in più dell'85% dei soggetti inizialmente assegnati ai gruppi	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
9. Tutti i soggetti analizzati al termine dello studio hanno ricevuto il trattamento (sperimentale o di controllo) cui erano stati assegnati oppure, se non è stato così, i dati di almeno uno degli obiettivi principali sono stato analizzato per "intenzione al trattamento"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
10. I risultati della comparazione statistica tra i gruppi sono riportati per almeno uno degli obiettivi principali	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:
11. Lo studio fornisce sia misure di grandezza che di variabilità per almeno uno degli obiettivi principali	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	dove:

---

La scala di PEDro è basata sulla lista Delphi sviluppata da Verhagen e colleghi al Department of Epidemiology, University of Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). La lista è basata principalmente sul "consenso degli esperti" e non su dati empirici. Sono stati aggiunti due item non presenti nella Delphi list (items 8 e 10 della scala di PEDro). Più dati sperimentali saranno disponibili più sarà possibile "pesare" gli item della scala cosicché il punteggio di PEDro possa rispecchiare l'importanza dei singoli punti.

L'obiettivo della scala di PEDro è di aiutare ad identificare rapidamente quali studi clinici randomizzati, noti o sospetti (es: RCTs or CCTs), archiviati nel database di PEDro hanno una validità interna (criteri 2-9) e hanno informazioni statistiche sufficienti per renderne i risultati interpretabili (criteri 10-11). Un ulteriore criterio (criterio 1) correlato con la validità esterna (o "generabilità" o "applicabilità") è stato mantenuto cosicché la Delphi list è completa. Quest'ultimo criterio non viene però usato per calcolare i punteggi di PEDro presenti sul sito web.

La scala di PEDro non dovrebbe essere usata come misura di "validità" delle conclusioni di uno studio. In particolare avvertiamo gli utilizzatori di PEDro che trattamenti significativamente efficaci di studi con punteggi alti nella scala non necessariamente sono clinicamente utili. Un'ulteriore considerazione riguarda il fatto se l'effetto del trattamento sia sufficientemente grande da essere rilevante clinicamente, se gli effetti positivi di un trattamento siano maggiori di quelli negativi ed il rapporto costo-efficacia di un trattamento. La scala non dovrebbe essere usata per confrontare la "qualità" di studi in differenti aree terapeutiche. Questo perché in alcune aree della pratica fisioterapica non è possibile soddisfare la scala in tutti i suoi item.

Emendata l'ultima volta il 21 giugno 1999  
Traduzione italiana è stata completata 19 maggio 2014

#### Annotazioni sulla compilazione della scala di PEDro:

- Per tutti i criteri **I punti degli item vengono conferiti solo quando un criterio risulta chiaramente soddisfatto.** Se da una lettura del report dello studio sembra che un criterio non sia soddisfatto, non bisognerebbe conferire il punto per quel criterio.
- Criterio 1 Questo criterio è soddisfatto se l'articolo descrive l'origine dei soggetti ed una lista di criteri usati per determinarne l'eleggibilità per partecipare allo studio.
- Criterio 2 Uno studio viene considerato avere usato un'assegnazione random se così viene dichiarato nell'articolo. Il metodo di randomizzazione non deve essere necessariamente specificato. Metodi quali il lancio della moneta o dei dadi si possono considerare random. Procedure di assegnazione quasi-random quali assegnazioni rispetto al numero identificativo ospedaliero o la data di nascita non soddisfano questo criterio.
- Criterio 3 *Assegnazione nascosta* significa che la persona che decide se un paziente è eleggibile per partecipare allo studio era ignara, al momento della decisione, a quale gruppo sarebbe stato assegnato il paziente. Il punto per questo criterio viene assegnato, anche quando non viene dichiarata l'assegnazione nascosta, quando l'articolo riporta che è stata usata una busta opaca sigillata o se l'assegnazione avveniva attraverso il contatto con il possessore della scheda di assegnazione che si trovava in un luogo esterno.
- Criterio 4 Per studi terapeutici, l'articolo deve descrivere almeno una misura di gravità della condizione trattata ed almeno il valore di un (diverso) obiettivo chiave alla partenza dello studio. Il valutatore dell'articolo è soddisfatto se i gruppi non differiscono in modo clinicamente significativo rispetto agli indicatori prognostici della partenza dello studio. Questo criterio è soddisfatto se sono solo presenti i dati di inizio studio dei soggetti che hanno terminato lo studio.
- Criteri 4, 7-11 *Obiettivi chiave* sono quegli obiettivi che forniscono le misure principali di efficacia (o di mancanza di efficacia) della terapia. Nella maggior parte degli studi vengono usate più variabili come obiettivi da misurare.
- Criteri 5-7 *Rendere ciechi* significa che la persona in oggetto (paziente, terapeuta o valutatore) non sapeva in quale gruppo il paziente sarebbe stato assegnato. Inoltre i soggetti ed i terapisti vengono considerati "ciechi" se si può presupporre che siano incapaci di distinguere i trattamenti usati nei diversi gruppi. In studi dove gli obiettivi chiave sono autoriportati (es scala visiva analogica, diario del dolore), il valutatore viene considerato "cieco" se il paziente era "cieco".
- Criterio 8 Questo criterio è soddisfatto solamente se l'articolo specifica chiaramente *sia* il numero dei soggetti inizialmente assegnati ai gruppi *sia* il numero dei soggetti da cui sono state ottenute le misure degli obiettivi chiave. Per studi dove gli obiettivi sono misurati in diversi momenti nel tempo, un obiettivo chiave deve essere stato misurato in più dell'85% dei soggetti in uno dei diversi momenti.
- Criterio 9 Un'analisi per *intenzione al trattamento* significa che se i soggetti non hanno ricevuto il trattamento (o la condizione di controllo) come da assegnazione e se le misure degli obiettivi sono presenti, l'analisi dei dati è stata eseguita come se i soggetti avessero ricevuto il trattamento (o la condizione di controllo) cui erano stati assegnati. Questo criterio è soddisfatto anche, qualora non vi sia menzione dell'analisi per intenzione al trattamento, se l'articolo afferma chiaramente che tutti i soggetti hanno ricevuto il trattamento o la condizione di controllo cui erano stati assegnati.
- Criterio 10 Una comparazione statistica *fra gruppi* comporta un confronto statistico fra un gruppo ed un altro. A seconda del disegno dello studio, questo può comportare il confronto fra due o più trattamenti od il confronto fra il trattamento od il placebo. L'analisi può essere una semplice comparazione fra i risultati misurati dopo la somministrazione del trattamento od un confronto fra le variazioni in un gruppo rispetto alle variazioni nell'altro (quando si è usata un'analisi fattoriale della varianza il secondo è spesso riportato come una "group time interaction"). Il confronto può essere in forma di verifica di un'ipotesi (che fornisce un valore "p", che indica la probabilità che i gruppi differiscano solo per l'effetto del caso) od in forma di una stima (per esempio la differenza media o mediana, o la differenza tra proporzioni, od il numero dei soggetti da trattare, od il rischio relativo o l'hazard ratio) corredata del proprio intervallo di confidenza.
- Criterio 11 La *misura puntiforme* è una misura della dimensione dell'effetto del trattamento. L'effetto del trattamento può essere descritto come differenza fra i risultati dei gruppi o come il risultato in ciascuno dei gruppi. Le *misure di variabilità* includono deviazioni standard, errore standard, intervalli di confidenza, intervalli interquartili (o altri intervalli quantili) ed intervalli. La misura puntiforme e/o le misure di variabilità possono essere mostrate in forma grafica (per esempio, la deviazione standard può essere rappresentata come barra di variabilità in un grafico) purchè sia chiaro quale dato sia rappresentato graficamente (per esempio, deve essere chiaro se le barre rappresentano l'errore standard o la deviazione standard). Dove i risultati siano in categorie questo criterio è soddisfatto se viene fornito per ogni categoria il numero di soggetti di ogni gruppo.



**ALLEGATO 2:** Tabella sinottica dei risultati degli articoli inclusi in questa revisione.

ARTICOLO	TIPOLOGIA DI STUDIO	OBIETTIVO	MATERIALI E METODI	RISULTATI
[1] Biernat R., Trzaskoma Z., Trzaskoma L., Czaprowski D. (2014), "Rehabilitation protocol for patellar tendinopathy applied among 16- to 19- year old volleyball players."	Trial clinico randomizzato	Lo scopo di questo studio è stato quello di verificare l'effetto di un protocollo di riabilitazione immediata con pesi ed esercizi eccentrici, applicato senza interrompere l'attività agonistica, per i giocatori di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea.	Un totale di 28 giocatori di pallavolo maschi sono stati divisi in due gruppi. 15 del gruppo sperimentale (E) e 13 del gruppo di controllo (C) hanno eseguito gli stessi test tre volte: prima dell'inizio del programma di allenamento (prima misurazione), dopo 12 settimane (seconda misurazione) e dopo 24 settimane (terza misurazione). Il protocollo suddetto comprendeva quanto segue: immagini a ultrasuoni con funzione color Doppler, test clinici, valutazione dell'intensità del dolore con il questionario VISA-P, misurazione della forza e della potenza dei muscoli flessori ed estensori del ginocchio e della capacità di salto. L'elemento chiave del programma riabilitativo è stato lo squat eccentrico su una tavola con una superficie instabile aggiuntiva. Il fattore essenziale del protocollo era rappresentato da un insieme di esercizi funzionali preventivi, con particolare attenzione agli esercizi eccentrici degli hamstring.	La tendinopatia rotulea è stata osservata nel 18% degli atleti esaminati. Il protocollo di riabilitazione somministrato, incentrato sullo squat eccentrico su una superficie inclinata, si è dimostrato in grado di ridurre il dolore negli atleti di pallavolo affetti da tendinopatia rotulea durante la stagione sportiva. Il gruppo sperimentale ha registrato un significativo aumento del punteggio della VISA-P da $84.6 \pm 13.5$ (alla prima misurazione) a $90.3 \pm 12.2$ (alla terza misurazione); mentre il gruppo di controllo non ha registrato cambiamenti significativi.
[3] Dar G., Meidan E. (2019), "Immediate effect of infrapatellar strap on pain and jump height in patellar tendinopathy among young athletes."	Pre-/post-test	L'obiettivo di questo studio era quello di valutare gli effetti immediati dati dall'utilizzo di una cinghia infrapatellare sul dolore e la performance di salto in una popolazione di giovani atleti di pallavolo e basket affetti da tendinopatia rotulea.	16 giovani atleti maschi di pallavolo e basket, tra i 12 e i 18 anni d'età, sono stati inclusi in questo studio. La cinghia infrapatellare è stata applicata sotto la rotula, al di sopra del tendine rotuleo. I pazienti dovevano compiere 4 test di salto: <i>squat jump test</i> , <i>drop test</i> , <i>single-leg jump test</i> (3 ripetizioni ciascuno) e <i>jumps 30 s test</i> (eseguito sempre per ultimo, poiché misurava la performance del muscolo sotto affaticamento), con 90 s di pausa tra una ripetizione e l'altra, e 5' di riposo tra un test e l'altro. Ciascun test doveva essere eseguito prima con e poi senza cinghia, o viceversa. Il dolore durante l'esecuzione dei test è stato quantificato tramite la scala VAS,	L'utilizzo della cinghia infrapatellare ha determinato una significativa riduzione del dolore descritto dai pazienti durante l'esecuzione del <i>drop test</i> ( $1.41/10 \pm 1.40$ ), <i>single-leg jump test</i> ( $2.25/10 \pm 1.94$ ) e <i>jumps 30 s test</i> ( $3.0/10$ ) rispetto all'esecuzione dei medesimi test senza l'utilizzo della cinghia ( $1.89/10 \pm 1.29$ per il <i>drop test</i> , $3.14/10 \pm 1.86$ per il <i>single-leg jump test</i> e $4.5/10$ per il <i>jumps 30 s test</i> ). Non sono state riscontrate significative differenze nelle performance di salto tra l'esecuzione con o senza cinghia.

			mentre le performance di salto sono state valutate tramite uno strumento chiamato <i>Optojump Next optical measurement system</i> .	
[14] Pearson S.J., Stadler S., Menz H., Morrissey D., Scott I., Munteanu S., Malliaras P. (2020), "Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy."	Trial clinico randomizzato	Questo studio ha esaminato gli effetti immediati e a breve termine (4 settimane) delle contrazioni isometriche di lunga e breve durata sul dolore e sull'adattamento del tendine rotuleo.	Pazienti: 16 atleti maschi di pallavolo e basket con tendinopatia rotulea. Intervento: contrazioni isometriche, all'85% della MCIV, di breve durata (24 serie di 10 secondi con 20 secondi di riposo tra una serie e l'altra) o di lunga durata (6 serie di 40 secondi con 80 secondi di riposo tra una serie e l'altra) 5 volte a settimana per 4 settimane. Misure di outcome: (1) variazione immediata del dolore con il <i>single-leg decline squat</i> (SLDS) e il salto su una gamba sola submassimale, così come la variazione del dolore e dell'adattamento del tendine, sono stati valutati nell'arco di 4 settimane; (2) VISA-P alla <i>baseline</i> e dopo 4 settimane per il recupero della funzione.	Si è verificata una riduzione significativa del dolore dopo il carico isometrico sia sul SLDS (differenza media = 1,66, 95% CI, 0,13-3,19, P < 0,01) che sui test di salto (differenza media = 0,84, 95% CI, 0,39-1,29, P = 0,02). Non c'è stata alcuna differenza significativa tra il carico isometrico di lunga o breve durata sia per il SLDS (differenza media = -0,61 a favore della breve durata, 95% CI, -1,89-0,59, P = 0,32) che per il test di salto (differenza media = -0,25 a favore della breve durata 95% CI, -1,16-0,66, P = 0,60). Entrambi gli interventi hanno portato un miglioramento dei punteggi alla VISA-P, senza differenze significative tra i due gruppi (da 66.5 alla <i>baseline</i> a 75.0 dopo 4 settimane per l'esercizio isometrico, da 69.5 a 79.0 per l'esercizio isotonic).
[16] Rio E., Kidgell D., Purdam C., Gaida J., Moseley G.L., Pearce A.J., Cook J. (2015), "Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy."	Trial clinico randomizzato	L'obiettivo primario di questo studio era quello di determinare se l'esercizio isotonic o isometric potessero indurre un immediato sollievo dal dolore nella tendinopatia rotulea. L'obiettivo secondario era quello di esplorare i meccanismi e studiare i cambiamenti della funzione motoria corticale.	Questo studio cross-over randomizzato in cieco ha confrontato gli effetti immediati e a 45 minuti in seguito ad un programma di contrazioni muscolari isometriche e isotoniche. Come misure di outcome sono state utilizzate il dolore durante il <i>single-leg decline squat</i> (SLDS, 0-10), la forza del quadricipite alla contrazione isometrica volontaria massimale (MVIC), e l'eccitabilità e inibizione corticospinale. I dati sono stati analizzati utilizzando uno <i>split-plot</i> in misure di varianza a tempo-ripetuto (ANOVA).	Hanno partecipato allo studio 6 giocatori di pallavolo tra i 18 e 40 anni con tendinopatia rotulea. Le contrazioni isometriche hanno ridotto il dolore al SLDS (media±SD) da 7,0±2,04 a 0,17±0,41, mentre le contrazioni isotoniche da 6,33±2,80 a 3,75±3,28 (p<0,001). Le contrazioni isometriche hanno ridotto l'inibizione corticale (rapporto medio±SD), portando ad un aumento dello <i>short-interval intracortical inhibition</i> (SICI) dal 27,53%±8,30 al 54,95%±5,47, mentre le contrazioni isotoniche non hanno avuto alcun effetto significativo. L'analisi temporale ha mostrato che la riduzione del dolore è stata mantenuta a

				45 minuti dopo il programma di esercizio isometrico, ma non dopo l'esercizio isotonic (p<0,001). L'esercizio isometrico ha inoltre riportato un aumento significativo, immediato e mantenuto a 45', del 18,7±7,8% rispetto alla condizione basale (p<0,001).
[17] Rio E., van Ark M., Docking S., Moseley G.L., Kidgell D., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Zwerver J., Cook J. (2017), "Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial."	Trial clinico randomizzato	Questo studio mirava a confrontare gli effetti immediati sul dolore di 2 programmi di resistenza negli atleti <i>in-season</i> con tendinopatia rotulea.	Partecipanti: 20 atleti di pallavolo e basket con più di 16 anni, affetti da tendinopatia rotulea e praticanti l'attività sportiva 3 volte a settimana. Interventi: sono stati comparati due protocolli di esercizio per il quadricipite; (1) <i>leg extension</i> isometriche a 60° di flessione del ginocchio (all'80% della MCIV) e (2) <i>leg extension</i> isotoniche (all'80% dell'8 RM), 4 volte a settimana per 4 settimane. Misure di outcome: (1) Dolore (0-10 NPRS) durante l'esecuzione del SLDS, misurato prima e dopo le sessioni di allenamento. (2) VISA-P, un questionario sul dolore tendineo e la funzione, completato alla <i>baseline</i> e dopo 4 settimane.	20 atleti con tendinopatia rotulea (18 uomini, media 22,5 ± 4,7 anni) hanno partecipato, equamente suddivisi nei due gruppi. La mediana del dolore al SLDS era di 5/10 per entrambi i gruppi. Le contrazioni isometriche hanno indotto in modo significativamente maggiore analgesia (P < 0.002). Entrambi i gruppi hanno migliorato il punteggio alla VISA-P nel corso delle 4 settimane, e non ci sono state differenze significative tra i gruppi al follow-up (P = 0,99). La risposta analgesica durante la prima settimana si è dimostrata correlata positivamente con un aumento nei punteggi della VISA-P (r <sup>2</sup> = 0.64).
[19] Scattone Silva R., Ferreira A.L., Nakagawa T.H., Santos J.E., Serrão F.V. (2015), "Rehabilitation of Patellar Tendinopathy Using Hip Extensor Strengthening and Landing-Strategy Modification: Case Report With 6-Month Follow-up."	Case report	L'obiettivo di questo studio era quello di verificare se un intervento di rinforzo dei muscoli dell'anca e di modificazione delle strategie di atterraggio possa influenzare positivamente il dolore, la funzione e la biomeccanica del gesto in un paziente pallavolista affetto da tendinopatia rotulea.	Il paziente oggetto di studio è un uomo di 21 anni, pallavolista, con una storia di tendinopatia rotulea sintomatica da 9 mesi. Il dolore è stato quantificato con un punteggio alla scala VAS da 1 a 10 ( <i>visual analogue scale</i> ). La disabilità è stata invece misurata mediante il questionario della <i>Victorian Institute of Sport Assessment-Patella (VISA-P)</i> . Queste misurazioni sono state condotte prima e dopo le 8 settimane di intervento, e, successivamente, a distanza di 6 mesi dall'intervento fisioterapico. Anche la cinematica e la cinetica dell'anca e del ginocchio durante un <i>drop vertical jump</i> e la forza isometrica sono state misurate prima e dopo le 8 settimane di intervento.	Dopo 8 settimane di intervento fisioterapico, e a distanza di 6 mesi, il paziente era completamente asintomatico durante lo svolgimento dell'attività sportiva. A ciò si accompagnava, nell'esecuzione di un <i>drop vertical jump</i> , un aumento del 50% del momento estensore dell'anca, una riduzione del 21% del momento estensore del ginocchio e una riduzione del 26% delle forze applicate sul tendine rotuleo durante l'atterraggio a 8 settimane. Si è registrato inoltre un aumento del 77% della forza dei muscoli estensori dell'anca e un punteggio alla VISA-P inferiore al 100% solamente in due items.

			Quest'ultimo consisteva in un rinforzo dei muscoli estensori dell'anca e in un allenamento di modificazione delle strategie di salto e atterraggio. Il paziente non ha interrotto la pratica sportiva durante la riabilitazione.	
[22] van Ark M., Cook J.L., Docking S.I., Zwerver J., Gaida J.E., van den Akker-Scheek I., Rio E. (2016), "Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial."	Trial clinico randomizzato	Questo studio ha studiato gli effetti dell'esercizio isometrico e isotonico nella riduzione del dolore durante la stagione sportiva negli atleti affetti da tendinopatia rotulea.	Hanno partecipato a questo studio atleti di basket e pallavolo tra i 16 e 32 anni con tendinopatia rotulea che giocavano almeno tre volte alla settimana. Gli atleti sono stati randomizzati in un gruppo di esercizi isometrici o isotonici. I programmi di esercizio consistevano in quattro sessioni di esercizi isometrici o isotonici a settimana per 4 settimane. Il dolore durante il <i>single leg decline squat</i> (SLDS) su una scala di valutazione numerica (NPRS; 0-10) è stato utilizzato come principale misura di outcome; le misurazioni sono state completate prima dell'inizio del programma di esercizi e al follow-up di 4 settimane.	Ventinue atleti sono stati inclusi in questo studio. I punteggi mediani del dolore sono migliorati significativamente durante il periodo di intervento di 4 settimane sia nel gruppo isometrico ( $Z=-2,527$ , $p=0,012$ , $r = -0,63$ ) sia nel gruppo isotonico ( $Z=-2,952$ , $p=0,003$ , $r= -0,63$ ). Non vi è stata alcuna differenza significativa nella variazione del punteggio del dolore NPRS ( $U = 29,0$ $p=0,208$ $r=0,29$ ) tra il gruppo isometrico (mediana (IQR), 2,5 (1-4,5)) e isotonico (mediana (IQR), 3,0 (2-6)).
[23] van Ark M., Rio E., Cook J., van den Akker-Scheek I., Gaida J.E., Zwerver J., Docking S. (2018), "Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy."	Trial clinico randomizzato	L'obiettivo di questo studio era quello di investigare gli effetti sulla struttura e le dimensioni del tendine rotuleo (analizzate tramite UTC, <i>Ultrasound Tissue Characterization</i> ), di un programma di 4 settimane comprendente esercizi isometrici o isotonici, durante la stagione sportiva, in relazione ai cambiamenti della sintomatologia.	29 atleti di pallavolo e basket tra i 16 e i 31 anni, con tendinopatia rotulea clinicamente diagnosticata, sono stati randomizzati in un programma di 4 settimane di esercizio isometrico o isotonico da eseguire 4 volte a settimana. I programmi sono stati designati in modo da indurre una riduzione del dolore, il quale veniva quantificato alla NPRS (0-10), in risposta al SLDS, subito dopo ogni sessione di allenamento. La funzione del ginocchio è stata valutata tramite il questionario VISA-P. La struttura tendinea è stata valutata mediante UTC alla <i>baseline</i> e dopo 4 settimane.	Nessun cambiamento significativo nella struttura o nelle dimensioni del tendine è stato riscontrato al termine del programma di esercizi, e nessuna differenza significativa nelle modificazioni strutturali tra i due gruppi di esercizio è stata misurata. Ciò nonostante, è stata ottenuta una notevole riduzione della sintomatologia (da un valore di mediana alla <i>baseline</i> di 6.0/10 a 2.0 dopo 4 settimane) e un incremento significativo del punteggio VISA-P (da un valore di mediana alla <i>baseline</i> di 68/100 a 82/100 dopo 4 settimane) in entrambi i gruppi di intervento, senza riscontrare differenze significative tra i due.
[25] Zhang Z.J., Lee W.C., Fu S.N. (2020), "One	Trial clinico randomizzato	Lo scopo di questo studio era quello di esaminare l'effetto immediato di una	Sono stati reclutati 34 atleti maschi di $22,2 \pm 3,8$ anni con tendinopatia rotulea, praticanti pallavolo o basket. I	Una riduzione significativa del modulo di Young (da $57.4 \pm 25.5$ kPa a $40.6 \pm 17.6$ kPa, $p = 0.001$ ) è stata ottenuta nel

<p>Session of Extracorporeal Shockwave Therapy-Induced Modulation on Tendon Shear Modulus is Associated with Reduction in Pain.”</p>		<p>sessione di onde d’urto extracorporee (ESWT) sulla <i>stiffness</i> del tendine rotuleo e di esplorare la relazione tra il cambiamento nella <i>stiffness</i> tendinea e l’intensità del dolore.</p>	<p>partecipanti sono stati randomizzati in 2 gruppi. Il gruppo ESWT ha ricevuto 1500 impulsi di ESWT a 4 Hz con la massima intensità di dolore tollerabile e il gruppo sham ha ricevuto intensità inferiori a 0,08 mJ/mm<sup>2</sup>. Per misurare il modulo di Young del tendine (un indice della <i>stiffness</i> del tessuto) è stato utilizzato il <i>Supersonic Shearwave Imaging</i> (SSI); per quantificare l’intensità del dolore durante la compressione con una pressione di 4,535 kg sulla parte più tenera e durante il SLDS è stata utilizzata la scala VAS (0-10).</p>	<p>gruppo ESWT che ha ricevuto il trattamento con onde d’urto extracorporee ad un’intensità tra 0.13 e 0.33 mJ/mm<sup>2</sup>, ma non nel gruppo sham (da 47.7 ± 17.1 kPa a 41.0 ± 12.7 kPa; p = 0.06). Nel gruppo ESWT, inoltre, un cambiamento nel modulo di Young del tendine era associato con un cambiamento nell’intensità del dolore durante il SLDS (p = 0.55; p = 0.023; da 5.1/10 ± 1.6 a 4.5/10 ± 1.7).</p>
--	--	---	--	--