

Università degli Studi di Padova

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

TESI DI LAUREA

Training della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con dolore femoro rotuleo: revisione
narrativa della letteratura e case report
(Intrinsic foot muscles training in subjects with patellar femoral pain: a narrative review and case
report)

RELATORE: Dott. Giuseppe Maestrelli

LAUREANDO: Alberto Baldon

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO	
ABSTRACT	
1. INTRODUZIONE.....	1
2. PRESUPPOSTI TEORICI.....	2
2.1 L'articolazione femoro rotulea	2
2.1.2 Anatomia e biomeccanica.....	2
2.1.3 La sindrome femoro rotulea (PFPS).....	5
2.1.3.1 Epidemiologia	6
2.1.3.2 Meccanismi patologici e fattori di rischio.....	6
2.1.4 Modalità di trattamento	7
2.2 La muscolatura intrinseca del piede	8
2.2.1 Anatomia e biomeccanica.....	8
2.2.2 <i>Foot core system</i>	11
2.2.3 Razionale di intervento nella sindrome femoro rotulea.....	13
3. SCOPO DELLO STUDIO	15
4. MATERIALI E METODI.....	16
4.1 Strategia di ricerca.....	16
4.1.1 Stringa di ricerca.....	16
4.1.2 Criteri di eleggibilità.....	16
4.1.3 Criteri di esclusione	17
4.1.4 Modalità di selezione degli studi	17
4.2 Analisi qualitativa metodologica.....	17
4.2.1 Strategia di analisi del rischio di <i>bias</i>	19
4.2.2 Estrazione dei dati	20
5. RISULTATI	21

5.1 Selezione degli studi.....	21
5.2 Valutazione della qualità metodologica	22
5.3 Valutazione del rischio di <i>bias</i>	23
5.4 Caratteristiche degli studi.....	23
5.4.1 Caratteristiche dei soggetti	24
5.4.2 Tipologie di intervento	28
5.4.3 <i>Outcome</i>	28
5.4.3.1 Riduzione del dolore	29
5.4.3.2 Effetto sulla funzionalità del ginocchio e sulla biomeccanica dell'arto inferiore.....	30
5.4.3.3 Attivazione muscolare.....	31
6. DISCUSSIONE	32
6.1 Sintesi delle evidenze	32
6.1.2 Valutazione del dolore.....	32
6.1.3 Funzionalità del ginocchio e biomeccanica dell'arto inferiore	32
6.1.4 Attivazione muscolare	33
6.2 Elaborazione di una proposta riabilitativa: <i>case report</i>	34
6.2.1 Informazioni sul paziente e presentazione clinica	35
6.2.2 Esame obiettivo e valutazione fisioterapica	36
6.2.3 Interventi.....	38
6.2.4 <i>Outcome</i>	39
6.2.5 Risultati al <i>follow up</i>	39
6.2.6 <i>Compliance</i> , tollerabilità all'intervento ed eventi avversi.....	44
6.3 Limiti e punti di forza dello studio	44
6. CONCLUSIONI	46
BIBLIOGRAFIA	47
ALLEGATI	53

RIASSUNTO

Obiettivo: indagare se il rinforzo specifico della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con diagnosi di sindrome femoro rotulea sia efficace nel migliorare il dolore al ginocchio, la biomeccanica e la forza muscolare dell'arto inferiore rispetto all'utilizzo di un approccio standard (rinforzo del compartimento anca/ginocchio) o di altri trattamenti (*taping*/terapia manuale).

Materiali e metodi: la tesi comprende una revisione narrativa della letteratura e un *case report*. Le banche dati consultate per la revisione sono state *Pubmed* e *Scopus*. Considerati solo studi Controllati Randomizzati (*Randomized Controlled Trial*, RCT) pubblicati in lingua inglese dal 1/01/2002 al 30/04/2022. Per il disegno dello studio si è utilizzato il sistema PICO. Analisi qualitativa effettuata con scala *Downs & Black*. Confrontate le caratteristiche degli studi analizzati rispetto agli *outcome* indagati. Nel *case report*, dopo la valutazione del soggetto è stato proposto un rinforzo mirato della muscolatura intrinseca del piede attraverso alcuni esercizi eseguiti in autonomia a domicilio, con la rivalutazione a distanza di 4 settimane rispetto agli *outcome* indagati.

Risultati e Discussione: sono stati selezionati 3 RCT (Kisacik et al., 2021; Kim et al., 2022; Lee et al., 2017) da un totale di 33 articoli. Gli studi hanno ottenuto un buon punteggio alla scala *Downs & Black* (media pari a 22.6/28), con basso indice di rischio di *bias* (media 9,66/13). Kisacik et al., (2021) e Kim et al., (2022) hanno valutato il miglioramento del dolore durante attività funzionali del ginocchio, della postura e biomeccanica dell'arto inferiore e l'attivazione muscolare del distretto ginocchio caviglia. Lo studio di Lee et al. (2017), ha valutato la sola attivazione muscolare a livello dell'arto inferiore. Kim et al., (2022) evidenziano come l'intervento combinato (*blended intervention*) risulti essere maggiormente efficace nel ridurre il dolore e nel migliorare la postura e biomeccanica dell'arto inferiore a breve e medio termine. Kisacik et al., (2021) sottolineano che l'aggiunta del rinforzo dei muscoli intrinseci del piede ad un protocollo standard ha un effetto statisticamente significativo sulla diminuzione del dolore al ginocchio e il miglioramento della postura del piede rispetto al gruppo controllo. Kisacik et al., (2021) e Kim et al., (2022) hanno rilevato significatività statistica per il miglioramento della forza del distretto anca-ginocchio mentre lo studio di Lee et al., (2017) non ne ha rilevata.

La revisione conferma la limitata presenza di ricerche inerenti il rinforzo della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con dolore femoro rotuleo. Gli articoli selezionati, sembrano fornire risultati convergenti rispetto agli *outcome* indagati, nonostante non sia pienamente condivisa l'efficacia del singolo intervento di rinforzo a livello del piede. Nel *case report* a distanza di 4 settimane è emerso un miglioramento nel punteggio alla scala *Kujala Anterior Knee Pain Scale* (AKPS) e nell'indice della scala *Foot Posture Index* (FPI) senza riscontrare eventi avversi al trattamento e con una buona *compliance* da parte del soggetto.

Conclusioni: il *training* della muscolatura intrinseca del piede può rappresentare un valido strumento nella gestione e nel trattamento di una condizione clinica come la sindrome femoro rotulea. Ulteriori studi sono necessari per valutare l'efficacia a lungo termine del trattamento, aumentando il numero di soggetti coinvolti e studiando gli *outcome* funzionali in situazioni dinamiche.

Parole chiave: patellofemoral pain, rehabilitation, foot exercises, pain, functional activity.

ABSTRACT

Purpose: to investigate whether specific strengthening of the intrinsic muscles of the foot in subjects diagnosed with patellofemoral syndrome is effective in improving knee pain, biomechanics, and muscle strength of the lower extremity compared with the use of a standard approach (hip/knee compartment strengthening) or other treatments (taping/manual therapy).

Material and Methods: the thesis includes a narrative review of the literature and a case report. The databases consulted for the review were Pubmed and Scopus. Randomized Controlled Trial (RCT) studies published in English from 01/01/2002 to 04/30/2022 were considered. The PICO system was used for the study design. Qualitative analysis performed with Downs & Black scale. Compared the characteristics of the studies analysed with respect to the outcomes investigated. In the case report, targeted strengthening of the intrinsic muscles of the foot through some exercises performed independently at home was proposed after subject assessment, with re-evaluation after 4 weeks with respect to the outcomes investigated.

Results: selected 3 RCTs (Kisacik et al., 2021; Kim et al., 2022; Lee et al., 2017) from an initial 33 articles. The reviewed studies scored well on the Downs & Black scale (mean of 22.6/28), with low risk of bias index (mean 9.66/13). Kisacik et al., (2021) and Kim et al., (2022) evaluated pain improvement during functional knee activities, lower limb posture and biomechanics, and muscle activation of the knee-ankle district. Lee et al., (2017) only evaluated muscle activation at the lower limb level. Kim et al., (2022) showed that the combined intervention (blended intervention) was more effective in reducing pain and improving posture and biomechanics of the lower limb in the short and medium term. Kisacik et al., (2021) points out that adding intrinsic foot muscle strengthening to a standard protocol has a statistically significant effect on decreasing knee pain and improving foot posture compared with the control group. In evaluating lower limb muscle activation Kisacik et al., (2021) and Kim et al., (2022) found statistical significance for improvement in hip-knee district strength while Lee et al., (2017) found no statistical significance.

The review confirms the limited amount of research regarding the strengthening of the intrinsic musculature of the foot in subjects with patellar femoral pain. The articles selected, seem to provide convergent results in respect to the outcome investigated, despite that the effectiveness of the single strengthening intervention on the foot muscles is not fully shared. In the case report after 4 weeks, there was improvement in Kujala Anterior Knee Pain Scale (AKPS) score and Foot Posture Index (FPI) without finding any adverse events to the treatment and with good compliance by the subject.

Conclusions: intrinsic foot muscle training may be a valuable tool in the management and treatment of a clinical condition such as patellofemoral syndrome. Further studies are needed to

evaluate the long-term effectiveness of the treatment by increasing the number of subjects involved and studying functional outcomes in dynamic situations.

Keywords: patellofemoral pain, rehabilitation, foot exercises, pain, functional activity.

1. INTRODUZIONE

La sindrome femoro rotulea (PFPS) è definita come una condizione dolorosa del ginocchio che coinvolge l'area peripatellare/retropatellare causando alterazioni nella biomeccanica dell'articolazione (Smith et al., 2018). Il dolore insorge soprattutto durante l'esecuzione di alcune attività come la corsa, l'accovacciarsi (*squat*) e sedersi, il salire e scendere gradini delle scale (Kim et al., 2022). In particolare uno dei fattori di rischio intrinseci per l'instaurarsi di questa condizione è l'eccessiva mobilità e pronazione del retropiede (Watson et al., 2005). Per quanto riguarda il trattamento, in letteratura è ampiamente documentato l'intervento riabilitativo con *target* specifico nel rinforzo della muscolatura del ginocchio (quadricipite), dell'anca (abduzioni, extrarotatori di femore) e della *core* addominale (Dutton et al., 2014). L'approccio distale focalizzandosi sul piede e intervenendo a questo livello è meno preso in considerazione nonostante l'alterato appoggio possa influire sul valgismo di ginocchio (Tiberio D., 1987). Per questo motivo, potrebbe essere rilevante considerare il piede come un potenziale *target* di intervento in questo tipo di patologia, vista anche l'importanza riabilitativa sempre maggiore che la letteratura sta attribuendo ad una struttura così complessa. L'idea della ricerca infatti nasce proprio da un voler approfondire il ruolo del piede nella capacità di stabilizzare e migliorare la funzionalità dell'arto inferiore (McKeon et al., 2015).

Lo studio sarà condotto attraverso una revisione narrativa della letteratura alla quale si aggiungerà la documentazione di un *case report* con una proposta riabilitativa basata sui risultati ottenuti dalla revisione e sulle evidenze già presenti. Per la revisione verranno presi in considerazione studi RCT, *clinical trial*, *case report* pubblicati in lingua inglese dal 1/01/2002 al 30/04/2022 tramite la consultazione di 2 banche dati, *Pubmed* e *Scopus*.

Nell'analisi degli studi verranno misurati la qualità e il rischio di *bias* attraverso la scala *Downs&Black* oltre che confrontate e discusse le caratteristiche degli interventi proposti rispetto agli *outcome* indagati.

Nel *case report*, dopo una prima valutazione del soggetto sarà proposto un rinforzo mirato della muscolatura intrinseca del piede attraverso alcuni esercizi da poter eseguire in autonomia a domicilio, con la rivalutazione a distanza di 4 settimane rispetto agli *outcome* indagati.

2. PRESUPPOSTI TEORICI

2.1 L'articolazione femoro rotulea

2.1.2 Anatomia e biomeccanica

L'articolazione femoro rotulea è una degli elementi anatomici più complessi del ginocchio. È una diartrosi tra la superficie posteriore della rotula e il margine anteriore della troclea femorale circondata da numerose e importanti strutture muscolari, ossee/cartilaginee, legamentose e tendinee, elementi vascolari e nervosi oltre che numerose componenti di supporto e protezione come borse sierose e la cartilagine. Complessivamente ogni struttura anatomica svolge un ruolo fondamentale nella stabilizzazione del ginocchio e nel prevenire l'insorgere di condizioni patologiche dell'articolazione (LaPrade et al., 2014).

Le componenti ossee che formano l'articolazione femoro rotulea sono:

- *La rotula:* è l'osso sesamoide più grande del corpo e ha una forma a triangolo rovesciato con la base posta superiormente e l'apice inferiormente (Loudon JK., 2016). Funge da attacco per il tendine del quadricipite nel suo margine superiore e per il tendine rotuleo nella sua porzione inferiore (LaPrade et al., 2014). Presenta una superficie anteriore convessa su tutti i piani mentre la superficie posteriore è divisa da una cresta longitudinale che separa l'osso in due metà, la faccetta mediale e quella laterale (Loudon JK., 2016). Quest'area rappresenta il margine articolare della rotula presentando diverse faccette (fino a sette) che si articolano con la fossa trocleare del femore (LaPrade et al., 2014). La cartilagine articolare che la ricopre è molto spessa con la porzione mediale che è di norma maggiormente sviluppata rispetto a quella laterale (LaPrade et al., 2014). Questo spiega l'alta capacità di carico che l'articolazione femoro rotulea possiede soprattutto durante la contrazione del quadricipite (Loudon JK., 2016).
- *Troclea e condili femorali:* formano il restante piano articolare della femoro rotulea. La superficie patellare del femore (solco femorale) si colloca sul fronte anteriore dell'estremità distale dell'osso, in posizione centrale rispetto ai condili femorali (LaPrade et al., 2014). Radiograficamente è possibile identificare un angolo tra i due condili femorali che normalmente si aggira attorno ai 138 ± 6 gradi, che se aumenta (displasia trocleare) può favorire la lussazione della rotula (Loudon JK., 2016). Proprio per questo i condili femorali sono fisiologicamente asimmetrici, con il laterale che è più prominente rispetto al mediale.

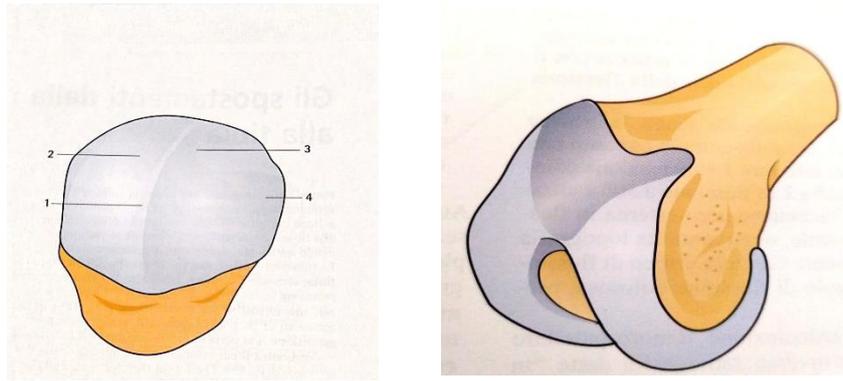


Figura I: veduta della superficie articolare dell'articolazione femoro rotulea. A sinistra la rotula nella sua porzione posteriore ricoperta di cartilagine, a destra il femore con i condili e il solco trocleare in evidenza (modificato da Kapandji AI, 2018).

La stabilità dell'articolazione femoro rotulea è garantita da elementi statici (tendini, legamenti e capsula articolare) e dinamici (muscoli) (Loudon., 2016). I più importanti elementi di stabilizzazione statica sono:

- *Stabilizzatori mediali:* il legamento femoro rotuleo mediale (MPFL) rappresenta una delle più importanti strutture stabilizzatrici statiche della femoro rotulea, prevenendo lo scivolamento laterale della rotula. Origina al tubercolo adduttorio del femore inserendosi sul margine mediale della rotula (Loudon JK., 2016). Il retinacolo mediale è un'espansione aponeurotica della capsula articolare che si estende dal vasto mediale unendosi allo strato superficiale del legamento collaterale mediale e alla componente mediale del tendine rotuleo (LaPrade et al., 2014).
- *Stabilizzatori laterali:* sono diversi, tra cui il legamento patellofemorale laterale (LPFL), la bandelletta ileotibiale (ITB) e il retinacolo laterale. Quest'ultima struttura è formata da due strati: uno superficiale che si estende dalla ITB alla rotula inserendosi su alcune fibre del quadricipite e uno più profondo che si unisce alle fibre del vasto laterale, al legamento patellofemorale laterale (LPFL) e patellotibiale (Loudon JK., 2016).
- *Tendine del Quadricipite:* i fasci muscolari che formano il complesso del quadricipite si uniscono distalmente a formare un tendine di fascio trilaminare circa 2 cm superiormente alla rotula (LaPrade et al., 2014).
- *Il Legamento Rotuleo:* decorre dal margine inferiore della rotula alla tuberosità tibiale.

Le principali strutture muscolari che supportano e stabilizzano dinamicamente l'articolazione femoro rotulea sono molteplici. Tra questi si ricordano i muscoli che formano il complesso del quadricipite femorale e della zampa d'oca, oltre che il bicipite femorale (Loudon., 2016). In particolare:

- *il Vasto Mediale Obliquo (VMO)*: viene definito obliquo nella sua porzione distale a causa del particolare orientamento delle fibre muscolari che originando a livello del tendine del Grande Adduttore, si inseriscono distalmente presso il legamento patello femorale mediale e sulla rotula. Il suo ruolo di stabilizzatore mediale della rotula è tuttora oggetto di dibattito in letteratura (Loudon JK.,2016).
- *Il Retto del femore*: è un muscolo biarticolare. Origina dalla spina iliaca antero inferiore (SIAI) e dal solco sopracetabolare, percorrendo il margine anteriore della coscia e inserendosi attraverso il tendine del quadricipite sul terzo superiore della superficie anteriore della rotula (LaPrade et al., 2014). Svolge la funzione di flessore dell'anca nella sua componente prossimale e di estensore di ginocchio a livello distale.
- *il Vasto Laterale*: origina dalla faccia laterale del Grande Trocantere del femore e dalla Linea Aspra, Inserendosi distalmente attraverso il tendine comune del quadricipite sulla regione superolaterale della rotula (LaPrade et al., 2014). Assieme alla bandelletta ileotibiale e al retinacolo laterale, stabilizza lateralmente la rotula (Loudon JK., 2016).
- *il Vasto Intermedio*: decorre profondamente rispetto alle altre componenti muscolari del quadricipite. Origina ai 2/3 prossimale della diafisi anteriore e laterale del femore per inserirsi a livello della superficie posteriore della base della rotula (Loudon JK., 2016).

Le borse sierose rappresentano un ulteriore fondamentale elemento per la fisiologica biomeccanica dell'articolazione femoro rotulea. Le più importanti sono:

- *Borsa infrapatellare profonda*: localizzata profondamente al tendine rotuleo e prossimalmente al tubercolo tibiale. È leggermente più ampia rispetto al tendine patellare e alla sua inserzione (LaPrade et al., 2014).
- *Pes anserine*: si trova tra il margine mediale della tibia e la porzione distale di inserzione del legamento collaterale mediale (MCL) e dei tendini della zampa d'oca (LaPrade et al., 2014).
- *Borsa semimembranosa*: situata nei pressi del decorso del tendine del semimembranoso, sul margine postero mediale della tibia. Possiede una caratteristica forma ad "U" (LaPrade et al., 2014).
- *Borsa del bicipite femorale*: è posizionata lateralmente e antero medialmente alla componente distale del legamento fibulare laterale (FCL), prossimalmente alla sua inserzione sulla testa del perone. Il margine laterale della borsa confina con il tendine del capo lungo del bicipite femorale formando una "J" invertita attorno al legamento fibulare laterale (FCL) (LaPrade et al., 2014).
- *Borsa prepatellare e infrapatellare*: si trova anteriormente alla rotula a livello dello strato sottocutaneo.

Infine l'afflusso di sangue all'articolazione femoro rotulea è garantito dall'anastomosi delle 5 *arterie genicolate* (superomediale, superolaterale, media, inferomediale e inferolaterale) (LaPrade et al., 2014).

Il ramo infrapatellare del nervo safeno contribuisce primariamente alla sensibilità anteriore del ginocchio (LaPrade et al., 2014).

Dal punto di vista biomeccanico-funzionale, nel movimento di flesso-estensione del ginocchio la patella scivola all'interno della troclea femorale, come una corda all'interno di una carrucola con movimenti quindi di traslazione verticale-circonfrenziale. Aumentando la flessione di ginocchio si ha la massima adesione della patella alla doccia trocleare a causa dell'azione del quadricipite e del suo tendine, mentre durante la fase di estensione questa forza coattante diminuisce con la rotula che, per l'obliquità della forza del quadricipite e in relazione al valgismo fisiologico del ginocchio, è sottoposta alla tendenza a lussarsi lateralmente venendo trattenuta dalla faccia esterna della troclea che è più prominente (Kapandj AI., 2018).

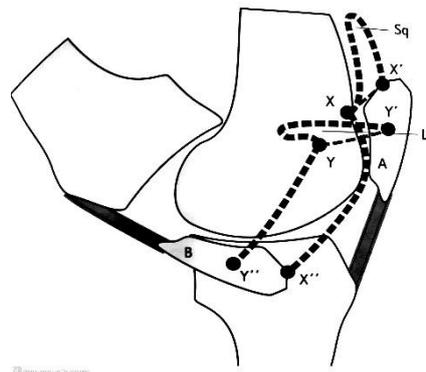


Figura II. fisiologico movimento della rotula sul femore durante la flessione di ginocchio (modificato da Kapandji AI., 2018)

2.1.3 La sindrome femoro rotulea (PFPS)

L'articolazione femoro rotulea può andare incontro a problematiche di varia natura che possono causare dolore peripatellare: dai problemi intrarticolari, alle sindromi di Osgood-Schlatter e di Sinding-Larsen Johansson, fino allo sviluppo di tendinopatie e borsiti (Thomee et al., 1999). Quando il dolore non è direttamente scatenato da queste strutture si parla di *Sindrome femoro rotulea (PFPS)*. In particolare questa condizione viene comunemente definita come un dolore retro o peripatellare risultante da un sovraccarico della femoro rotulea in assenza di modificazioni patologiche dell'articolazione (Petersen et al., 2014).

2.1.3.1 Epidemiologia

La sindrome femoro rotulea si sviluppa soprattutto nei pazienti giovani (under 50). Nonostante il tasso di incidenza sulla popolazione generale sia sconosciuto, è documentato che rappresenti almeno il 25% dei problemi al ginocchio degli sportivi. Inoltre ha una prevalenza del 22% nella popolazione generale (Smith et al., 2018). Per quanto riguarda il sesso, sembra colpire maggiormente la popolazione femminile (29,2%) rispetto a quella maschile (15,5%) con un rapporto di circa 1:2. (Smith et al., 2018).

2.1.3.2 Meccanismi patologici e fattori di rischio

Non è chiaro quale sia la causa precisa che scatena il dolore, quel che è certo è che trattandosi di una sindrome da *overuse* il carico è un elemento fondamentale nello sviluppo del dolore (Collins et al., 2016). Infatti molto spesso il dolore è correlato allo svolgimento di alcune azioni come correre, accovacciarsi, salire o scendere le scale, tutte attività che aumentano lo stress a livello del ginocchio (Petersen et al., 2014). Oltre alle elevate forze di carico che si sviluppano sull'articolazione femoro rotulea, l'alterazione del *tracking* della rotula (Liao et al., 2015), l'alterata meccanosensibilità (Sanchis-Alfonso et al., 2003) e il disagio psicologico dovuto alla malattia contribuiscono a cronicizzare la condizione e a renderne difficoltoso il recupero (Maclachlan et al., 2017; Thomee et al., 2002).

Per lo sviluppo della sindrome femoro rotulea sono stati individuati alcuni fattori di rischio. I fattori estrinseci riguardano principalmente le attività svolte dai soggetti (soprattutto sport correlate) e le attrezzature utilizzate o l'ambiente in cui vengono praticate. I fattori intrinseci possono essere suddivisi in 3 categorie: i fattori locali (*maltracking rotuleo* e debolezza del muscolo vasto mediale), fattori prossimali (alterazione dell'angolo Q, deficit dei muscoli di anca e bacino e alterazioni nella conformazione dell'anca) e fattori distali (piede pronato e intrarotazione di tibia) (Collins et al., 2018). In particolare:

- *Maltracking rotuleo*: comporta in situazioni statiche e/o dinamiche un tracciato irregolare della rotula nel solco trocleare. In questo modo la distribuzione del carico sulla superficie articolare dell'articolazione femoro rotulea risulta alterato. Condizioni favorevoli al mal allineamento sono la rotula alta, anomalie ossee e legamentose (displasia trocleare, lassità del legamento patellofemorale mediale o rigidità del retinacolo laterale), che se associate ad un valgismo dinamico di ginocchio, provocano una cinematica patologica (Liao et al., 2015).
- *Debolezza di abduttori e rotatori esterni dell'anca*: molto spesso ai pazienti con PFPS è associata una debolezza dei muscoli medio e piccolo gluteo. Questo comporterebbe una

maggior tendenza all'intrarotazione e adduzione dell'anca, aumentando di fatto il carico del femore sulla componente laterale della rotula a livello del ginocchio (Vora et al., 2017).

- *Rigidità della bandelletta ileotibiale*: il conseguente accorciamento della stessa, aumenterebbe la lateralizzazione della rotula, creando stress articolare, a causa della contiguità strutturale che c'è tra il tratto ileotibiale e il retinacolo laterale del ginocchio (Warvasz et al., 2008).
- *Ischiocrurali accorciati e rigidi*: questo può essere associato a co-contrazione del quadricipite (Besier et al., 2009) che di conseguenza induce uno stress compressivo sulla rotula. Inoltre in soggetti con PFPS si è evidenziato che alla richiesta di contrazione isometrica dei muscoli posteriori della coscia, il *timing* di attivazione del bicipite femorale anticipa la componente mediale, aumentando lo stress laterale e favorendo in via teorica il *maltracking* rotuleo (Patil et al., 2011).
- *Eversione del retropiede*: in alcuni pazienti con PFPS è stata notata una maggiore eversione del retropiede durante la fase di appoggio del tallone nel cammino. Questa anomalia contribuirebbe alla rotazione interna della tibia con conseguente aumento del valgismo dinamico del ginocchio (Barton et al., 2012).

Nonostante la sintomatologia dolorosa possa migliorare con il tempo, dal 71% al 91% dei pazienti che soffre di dolore anteriore al ginocchio riferisce dolore anche dopo 20 anni dalla diagnosi (Rathleff et al., 2012; Stathopulu et al., 2003). Inoltre a questa condizione sembra essere associata ad un aumento del rischio di artrosi del ginocchio con alcuni autori che la considerano come un vero e proprio stadio iniziale della malattia (Crossley et al., 2014; Conchie et al., 2016).

2.1.4 Modalità di trattamento

Il trattamento conservativo è la prima scelta nella gestione di questo tipo di condizione. Questo prevede un approccio multidisciplinare che si focalizza sul rinforzo della muscolatura del distretto del ginocchio e dell'anca (quadricipite, abduttori e extrarotatori dell'anca), lo *stretching* (ischiocrurali, gastrocnemi e flessori dell'anca), il *gait retraining*¹ e l'utilizzo di bendaggi funzionali e tutori a livello del ginocchio oltre che di ortesi plantari. Questi trattamenti vengono spesso accompagnati da terapia farmacologica antalgica con la somministrazione di farmaci

¹ si tratta della rieducazione al cammino. Svolto spesso con l'ausilio di *treadmill*, attraverso la proposta di diverse tipologie di andature (inclusi percorsi dove superare degli ostacoli) consente di migliorare la postura e il *balance* dinamico dei segmenti distali durante la deambulazione e la corsa, incrementare alcuni parametri del cammino come velocità e resistenza, agendo su forza e coordinazione muscolare attraverso la prolungata ripetizione di *pattern* di movimento.

antinfiammatori non steroidei (NSAIDs) nonostante la limitata efficacia dimostrata (Petersen et al., 2014; Dutton et al., 2014).

In particolare il rinforzo dei muscoli dell'anca, assieme a quelli del ginocchio ha dimostrato risultati significativamente migliori sulla riduzione del dolore rispetto al semplice rinforzo del ginocchio (Nascimento et al., 2018; Scali et al., 2018). Anche il rinforzo della *core* sembra essere utile nel migliorare il valgismo dinamico del ginocchio durante le attività in carico. Uno studio del 2019 di Foroughi e coll. ha evidenziato che un gruppo di pazienti trattati con il rinforzo dell'anca, del ginocchio e della *core* ha ottenuto una riduzione del dolore maggiore rispetto a pazienti trattati con solo rinforzo dell'anca e del ginocchio. Il *gait retraining* potrebbe essere una buona soluzione per trattare la PFPS, con lo scopo di migliorare il pattern d'appoggio del piede, spostandolo dal retropiede all'avampiede (Roper et al., 2017).

L'intervento distale con *training* e rinforzo specifico a livello del piede è meno documentato, nonostante diversi studi suggeriscano come vi sia correlazione tra la presenza di piede pronato e l'insorgenza della sindrome femoro rotulea (Barton et al., 2012; James et al., 1978; Tiberio D., 1987). A questo livello si utilizzano con successo soprattutto le ortesi plantari per limitare l'ipermobilità dell'articolazione talonavicolare, con un buon *outcome* a breve termine anche sul dolore (Watson et al., 2005; Barton et al., 2015).

La chirurgia è raramente utilizzata in questo tipo di patologia. Si riserva a quei pazienti che presentano gravi condizioni ossee e legamentose, con un conseguente *tracking* rotuleo patologico e non modificabile attraverso il trattamento conservativo. Si ricordano tra i vari approcci chirurgici il rilascio retinolare laterale per via artroscopica e l'osteotomia del tubercolo tibiale, entrambe allo scopo di ridurre la pressione sull'articolazione femoro-rotulea (Fonseca et al., 2012; Saper et al., 2017).

2.2 La muscolatura intrinseca del piede

2.2.1 Anatomia e biomeccanica

Il piede dell'essere umano presenta una struttura assai complessa che risponde a differenti requisiti funzionali: *stabilità, adattabilità al terreno, mobilità e propulsione*. Queste funzioni sono espresse attraverso numerose ossa che articolandosi tra loro sono molto plastiche e dinamiche permettendo al piede di lavorare come un sistema funzionale compatto in particolare nella dinamica del cammino e del movimento (Kapandji, 2018).

Da un punto di vista anatomico-funzionale il piede può essere suddiviso in 3 componenti:

- *Avampiede*: composto dalle ossa metatarsali e le falangi.

- *Mesopiede*: formato da cuboide, scafoide e cuneiformi, si articola anteriormente attraverso l'articolazione del Lisfranc con l'avampiede, e posteriormente attraverso l'articolazione di Chopart con il retropiede.
- *Retropiede*: costituito da astragalo e calcagno.

Questa struttura è caratterizzata anche da importanti e complesse articolazioni che ne definiscono le caratteristiche funzionali, permettendo i diversi movimenti del piede nello spazio. In particolare avremo (Kapandji, 2018):

- *Tibio-tarsica*: coinvolge la tibia, il perone e l'astragalo ed è infatti conosciuta anche come articolazione tibio-peroneo-astragalica. È un ginglymo angolare che permette i movimenti di flessione dorsale e plantare del piede sull'asse. Congiunge i due malleoli.
- *Sotto-astragalica*: articolazione trocoide, permette di trasmettere il carico dell'astragalo al calcagno consentendo i movimenti di eversione ed inversione del piede.
- *Medio-tarsica*: coinvolge l'astragalo e lo scafoide (enartrosi piatta), il calcagno e il cuboide (anfiartrosi). Favorisce il movimento della sottoastragalica con movimenti di scivolamento dello scafoide sull'astragalo e del cuboide sul calcagno.
- *Tarso-metatarsale*: artrodie, mette in rapporto da una parte il cuboide con i 3 cuneiformi, dall'altra l'astragalo e le 5 ossa metatarsali a livello delle loro basi. Permette piccoli movimenti di scivolamento nella direzione della flessione-estensione e della abduzione-adduzione.
- *Metatarso-falangee e inter-falangee*: condiloartrosi, consentono movimento di flessione-estensione e abduzione-adduzione.
- *Inter metatarsali*: artrodie tra le basi e le teste delle ossa metatarsali, permettono movimenti di scivolamento.

Un ulteriore elemento caratteristico del piede nell'essere umano è la presenza della *volta plantare*. Questa struttura è risultata fondamentale nell'ambito della bipedia, consentendo di ottimizzare la trasmissione del peso del corpo al suolo durante la stazione eretta e la marcia, fungendo da ammortizzatore e permettendo una ottimale dinamicità nella deambulazione (Kapandji, 2018). Nel suo insieme la volta plantare può essere paragonata ad un elemento architettonico costituito da tre archi (Kapandji, 2018):

- *Arco longitudinale mediale*: attraversa cinque segmenti ossei tra cui il calcagno, l'astragalo, lo scafoide, i cuneiformi, e il 1° 2° 3° metatarsale. È a contatto con il suolo solo con le sue estremità (testa 1° metatarso- calcagno). La chiave di volta è a livello dell'astragalo con lo scafoide che generalmente si trova a 1,5-2cm da terra. Conserva la sua concavità grazie ai legamenti plantari breve e lungo e l'aponeurosi plantare. L'azione di muscoli come il tibiale

posteriore, peroneo lungo, il flessore proprio dell'alluce e l'adduttore dell'alluce prevengono l'appiattimento della volta.

- *Arco longitudinale laterale*: comprende tre segmenti ossei attraversando il quinto metatarsale, il cuboide e il calcagno. Presenta una curvatura molto debole ed è in contatto con il suolo lungo tutta la sua lunghezza (i punti d'appoggio principali sono il calcagno e le teste metatarsali con il cuboide che è a circa 5mm da terra).
- *Arco trasversale*: composto da due archi principali. Il primo attraversa le teste e i corpi di metatarsali (arco dell'avampiede) con chiave di volta sulla testa del secondo metatarsale. Il secondo passa per i tre cuneiformi e il cuboide (arco del mediopiede) con la chiave di volta che è a livello del secondo cuneiforme. Perpendicolare all'asse del piede, un suo cedimento favorisce la condizione di piattismo del piede. È stabilizzato da muscolo adduttore dell'alluce a livello dell'avampiede e dal muscolo peroniero lungo (arco trasversale del mediopiede).

Numerose strutture passive, tra cui legamenti e capsule articolare stabilizzano e contribuiscono a mantenere la corretta struttura della volta plantare (McKeon et al., 2015). Tra queste, si ricorda l'*aponeurosi plantare*, una fascia fibrosa, che si estende dal calcagno alla base delle dita del piede. Svolge un ruolo di protezione e ammortizzazione delle forze durante la deambulazione e la corsa rispetto alla muscolatura e alle componenti vascolari e nervose del piede (Bertaiola F, 2018). Inoltre mette in tensione la volta plantare sfruttando il punto fisso fornito dalle connessioni anatomiche che instaura con la muscolatura intrinseca del piede.

I muscoli del piede possono essere suddivisi in due gruppi principali. La *muscolatura estrinseca* è responsabile dei movimenti globali del piede nello spazio, con muscoli che originano dalla gamba e si inseriscono distalmente a livello del piede, aumentando il braccio di leva a favore del movimento. La *muscolatura intrinseca* svolge una funzione di stabilizzazione attiva, con origine e inserzione muscolare che si localizza a livello del piede (McKeon et al., 2015). In particolare l'estensore breve delle dita e i muscoli interossei dorsali (quattro) formano la componente dorsale mentre i restanti si trovano a livello plantare e sono (Kapandji., 2018):

- *Abduttore, flessore breve e adduttore dell'alluce* a livello del margine mediale del piede.
- *Abduttore, flessore breve e opponente del quinto dito*, sul margine laterale del piede.
- *Flessore breve delle dita, muscolo quadrato della pianta, muscoli lombricali (quattro), muscoli interossei plantari (tre)*, nella parte media.



Figura III. La muscolatura intrinseca del piede. Gli strati plantari con: (1) abduktore dell'alluce, (2) flessore breve delle dita, (3) abduktore del V° dito, (4) quadrato della pianta, (5) lombricali, (6) flessore breve del V° dito, (7) adduttore dell'alluce obliquo (a) e trasverso (b), (8) flessore breve dell'alluce, (9) interossei plantari. La componente dorsale con: (10) interossei dorsali, (11) estensore breve delle dita. (tratto da Mckeon et al., 2015).

L'azione sinergica coordinata delle strutture attive e passive nel ruolo di stabilizzazione del piede permette alla volta plantare di adattarsi correttamente al suolo e di svolgere in modo efficace ed efficiente l'azione propulsiva. Se questo equilibrio viene meno si andrà incontro ad instabilità che può sfociare in (Kapandji,2018):

- un'accentuazione dell'arco plantare (*cavismo del piede*), dovuto o a una retrazione dei legamenti plantari e un accorciamento dei muscoli plantari o ad un'insufficienza dei muscoli flessori di caviglia;
- un appiattimento della volta plantare (*piattismo del piede*) che può essere causato da un'insufficienza dei legamenti e/o dei muscoli plantari.

2.2.2 Foot core system:

In letteratura è ampiamente documentato il concetto di “*core stability*” evidenziando come una maggiore stabilità lombo-pelvica sembra avere un effetto nel migliorare il *pattern* di movimento degli arti inferiori (Kibler et al., 2006). Stabilizzatori locali come il multifido o il trasverso dell'addome contribuiscono a creare una base solida su cui agire per i principali muscoli mobilizzatori del tronco. Se la muscolatura della *core* risulta indebolita o non viene coinvolta in un attivazione corretta, si va incontro ad instabilità che dal tronco può riversarsi sugli arti inferiori (Leetun et al., 2004).

Il piede, nella complessità della sua struttura anatomica e i molteplici gradi di movimento che possiede nello spazio, svolge un fondamentale ruolo nelle attività posturali statiche e dinamiche. In particolare, in stazione eretta funge da base d'appoggio, mentre durante il cammino deve poter essere stabile nell'appoggio iniziale (*foot strike*), mobile e adattabile al carico e alla superficie su

cui appoggia durante la *mid stance* e di nuovo stabile nella fase finale di *push of* (McKeon et al., 2015).

Il concetto di *core stability* sembra quindi poter essere esteso anche a livello del piede allo scopo di mantenere e controllare efficacemente la volta plantare. Gli stabilizzatori locali sono i muscoli intrinseci, che grazie al minor braccio di leva, agiscono come modulatori nella deformazione dell'arco plantare. I muscoli estrinseci ricoprono superfici maggiori coinvolgendo anche la gamba e con un maggior braccio di leva sono i principali mobilizzatori. Come per il distretto lombo-pelvico, con un deficit di stabilizzazione si può generare instabilità che a sua volta può condurre a quadri infiammatori da *overuse*, soprattutto a livello della fascia plantare (McKeon et al., 2015).

Nello studio di McKeon e altri, si propone il concetto di *foot core system* come un paradigma in cui la stabilità delle estremità distali, dipende fundamentalmente dall'interazione di tre sottosistemi:

- *Il sottosistema delle strutture passive*: formato da ossa, legamenti plantari, capsule articolari e aponeurosi plantare che partecipano al mantenimento della volta plantare, sostenendo l'arco mediale, laterale e 2 archi trasversi del piede.
- *Il sottosistema delle strutture attive*: composto dai muscoli intrinseci e estrinseci del piede.
- *Il sottosistema neurale*: formato dai propriocettori localizzati nella fascia plantare nei legamenti e nelle capsule articolari oltre che a livello tendineo e muscolare. Proprio la posizione anatomica e il particolare allineamento dei muscoli intrinseci sembra favorire la trasmissione dell'informazione sensoriale, attraverso un meccanismo di risposta allo stiramento, comunicando al sistema nervoso i cambiamenti a livello del piede e della sua postura. Questo sembra suggerire come il contributo della muscolatura intrinseca non si limiti a supportare il compito stabilizzatore delle strutture passive ma rappresenti un importante canale di trasmissione di informazioni sensoriali propriocettive, riguardo alla postura del piede.

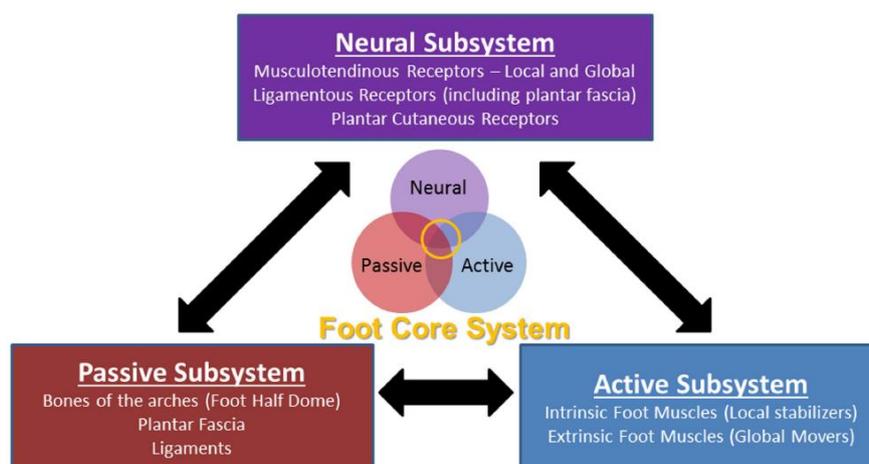


Figura IV: l'interazione dei tre sottosistemi nel *foot core system* (modificato da McKeon et al, 2015).

In ambito riabilitativo, è di recente introduzione l'utilizzo degli "short foot exercise" per rinforzare la muscolatura intrinseca del piede. Questo tipo di esercizio richiede, attraverso l'attivazione isolata di questi muscoli, di avvicinare le articolazioni metatarsofalangee al calcagno, di modo da favorire l'incremento dell'arco longitudinale del piede (Black M., 2013). In particolare questo esercizio sembra essere più efficace nel migliorare il *balance* in un *training* di quattro settimane, rispetto all'utilizzo di un'altra tipologia di esercizio, il *towel toe curl*² (Lynn et al., 2012). Infine l'incremento di stabilità sembra esserci anche nei soggetti con instabilità cronica di caviglia, che durante gli esercizi di equilibrio associano *gli short foot exercise*, rispetto a quelli che non lo fanno (Sauer et al., 2010).

2.2.3 Razionale di intervento nella sindrome femoro rotulea

L'approccio riabilitativo al paziente con sindrome femoro rotulea è complesso e non sempre porta a buoni risultati a lungo termine. Diversi studi sottolineano come fino a l'80% dei soggetti che hanno completato un programma riabilitativo hanno riferito di avere ancora dolore, con il 74% che ha ridotto il livello di attività fisica a 5 anni dal trattamento (Blond et al., 1998; Stathopulu et al., 2003). Uno dei motivi che aumentano la difficoltà nella presa in carico riabilitativa di questi pazienti è l'eziologia multifattoriale di questa condizione dolorosa. Il congresso internazionale di Vancouver del 2014 suggerisce come, per essere più efficaci nella riabilitazione dei pazienti, sarebbe opportuno identificare dei sottogruppi di soggetti con caratteristiche definite. A tal proposito uno di questi gruppi è stato identificato in quei pazienti che oltre a manifestare dolore anteriore al ginocchio, presentano anche un piede pronato e debole, con un *foot posture index*³ (*FPI*) ≥ 6 (Selfe et al., 2015). L'intervento distale a livello del piede per i pazienti con PFPS è poco indagato in letteratura e si limita generalmente all'utilizzo di ortesi plantari. L'efficacia di quest'approccio non è ben chiara anche se alcuni autori riportano un miglioramento nel dolore al ginocchio a breve termine rispetto al semplice riposo (Mills et al., 2011). Nonostante questo, è importante nella pratica clinica poter coinvolgere attivamente e in prima persona il paziente nel percorso riabilitativo, con le ortesi plantari che rappresentano un unico strumento passivo (Kisacik et al., 2021).

² variante di esercizio di rinforzo della muscolatura intrinseca del piede in cui al soggetto viene richiesto di contrarre la fascia plantare portando le dita in *griffe*, cercando di recuperare un asciugamano posto al di sotto del piede. L'esercizio viene svolto di norma da seduto, con una possibile progressione che ne prevede l'esecuzione in stazione eretta.

³ metodo di misura quantitativa della biomeccanica in statica del piede. Vengono valutati sei parametri (palpazione testa astragalica, curvatura sopra e sottomalleolare, posizione del calcagno sul piano frontale, *bulging* dell'articolazione talonavicolare, altezza dell'arco longitudinale mediale, abduzione/adduzione dell'avampiede sul retro piede) a cui viene attribuito un punteggio che va da -2 a +2. uno *score* totale tra 0 e +5 viene considerato normale. un punteggio $> +6$ quantifica la pronazione del piede, mentre un punteggio tra -1 e -12 ne descrive i vari gradi di supinazione.

Fattori come un'umentata eversione del retropiede durante la fase di *stance* del cammino sembrano essere associati ad una maggiore rotazione interna della tibia rispetto all'astragalo. Questo condizionerebbe anche l'intrarotazione e adduzione dell'anca aumentando lo stress e il carico a livello dell'articolazione femoro rotulea, soprattutto nella sua componente laterale (Tiberio D., 1987; Wilson et al., 2007). Inoltre in un piede pronato, il disallineamento osseo può agire sulla muscolatura allungandola e indebolendola con ulteriori conseguenze sulla stabilità dell'arco plantare che possono portare ad un ulteriore peggioramento del piattismo del piede (Lee et al., 2017). Gli "*short foot exercise*" (SFE) sono utilizzati per rinforzare i muscoli propri del piede e per aumentare la stabilità degli archi longitudinali e trasversi (Lee et al., 2017). Uno studio del 2011 di Jung et al. riscontra come l'utilizzo di questi esercizi sia efficace nell'attivazione del abduttore dell'alluce (AbdH) e nel prevenire l'abbassamento dell'arco longitudinale mediale del piede (MLA).

Le evidenze trovate in letteratura sembrano quindi supportare il razionale di utilizzo di SFE nei pazienti che soffrono di sindrome femoro rotulea e presentano un piede pronato.

3. SCOPO DELLO STUDIO

Il presente elaborato di tesi ha lo scopo di indagare se il rinforzo specifico della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con diagnosi di sindrome femoro rotulea sia efficace nel migliorare il dolore al ginocchio, la biomeccanica e la forza muscolare del distretto distale rispetto all'utilizzo di un approccio standard (rinforzo del compartimento anca/ginocchio) o di altri trattamenti (*taping*/terapia manuale).

La possibilità di indagare l'utilità dell'intervento a livello del piede nei soggetti in diagnosi di PFPS potrebbe mettere in evidenza un ulteriore strumento terapeutico per il trattamento di una condizione complessa e ad eziologia multifattoriale. In particolare l'associazione tra l'aumento di intrarotazione di tibia e lo sviluppo di dolore femoro rotuleo certifica il bisogno di approfondire il ruolo della muscolatura distale in questa condizione sindromica (Witvrouw et al., 2014).

Interventi come l'utilizzo di ortesi plantari hanno dimostrato efficacia soprattutto nel diminuire il dolore al ginocchio a breve termine (Kim et al., 2022), ma un programma di rinforzo della *foot core*, aumentando la funzionalità e la stabilità del piede, potrebbe anche modificarne la biomeccanica agendo positivamente sul dolore femoro rotuleo (Kisacik et al., 2021).

Nei successivi capitoli lo studio si svolge attraverso una revisione narrativa della letteratura alla quale si aggiunge la documentazione di un *case report* con una proposta riabilitativa basata sui risultati ottenuti dalla revisione e sulle evidenze già presenti in letteratura.

4. MATERIALI E METODI

4.1 Strategia di ricerca

Per la revisione sono stati presi in considerazione studi RCT, *clinical trial*, *case report* pubblicati in lingua inglese dal 1/01/2002 al 30/04/2022 tramite la consultazione di 2 banche dati, *Pubmed* e *Scopus*.

4.1.1 Stringa di ricerca

Le parole chiave utilizzate per costruire la stringa di ricerca riguardano la sindrome femoro rotulea e la muscolatura intrinseca del piede. Per quanto riguarda gli *outcome*, si sono considerati gli studi che valutassero il dolore e la funzionalità del ginocchio durante l'attività. La Tabella I riassume le stringhe utilizzate:

Tabella I. Stringhe di ricerca utilizzate	
Database	Stringa
<i>Pubmed</i>	<i>patellofemoral pain syndrome AND (foot core OR foot posture OR short foot exercises) AND (pain, function)</i>
<i>Scopus</i>	<i>(TITLE-ABS-KEY (patellofemoral AND pain AND syndrome) AND TITLE-ABS-KEY (foot AND core) OR TITLE-ABS-KEY (foot AND posture) OR TITLE-ABS-KEY (short AND foot AND exercise) AND TITLE-ABS-KEY (pain) AND TITLE-ABS-KEY (function))</i>

4.1.2 Criteri di eleggibilità

Per il disegno dello studio si è utilizzato il sistema PICO, con il quale è stato possibile definire le caratteristiche dei pazienti, la tipologia di intervento attuato ed eventuali controlli ed infine gli *outcome* clinici (Eriksen & Frandsen, 2018). In particolare al fine della ricerca si sono considerati gli studi che includessero:

- *Population*: soggetti con diagnosi di sindrome femoro rotulea (PFPS), in presenza di piede pronato con esordio doloroso ≤ 6 mesi durante l'esecuzione di attività funzionali (sedersi/accovacciarsi, salire/scendere le scale, camminare, correre, saltare).
- *Intervention*: rinforzo specifico della muscolatura intrinseca del piede.
- *Comparison*: trattamento standard (anca ginocchio) /altro trattamento (*tape*/terapia manuale).

- *Outcome*: miglioramento del dolore durante le attività funzionali del ginocchio, della biomeccanica e della postura dell'arto inferiore e della forza muscolare nel distretto distale (ginocchio, caviglia, piede).

4.1.3 Criteri di esclusione

Sono stati esclusi gli studi che prendessero in considerazione:

- Soggetti con instabilità legamentosa del ginocchio.
- Soggetti che utilizzano ortesi plantari.
- Soggetti che prima del trattamento hanno ricevuto la somministrazione di farmaci antinfiammatori.

4.1.4 Modalità di selezione degli studi:

Primariamente si è proceduto alla raccolta dei risultati di ricerca dai due *database* considerati e all'eliminazione dei duplicati. In seguito si è svolto un primo livello di selezione degli articoli considerando i titoli ed escludendo quelli che non rientravano nello scopo della ricerca. Un secondo livello di selezione è stato effettuato analizzando gli *abstract* dei restanti e confrontandoli con i criteri PICO scelti. Infine è stato letto il *full text* dei rimanenti articoli.

4.2 Analisi qualitativa metodologica:

Per l'analisi della qualità metodologica degli studi si è scelto uno strumento di valutazione, la scala *Downs & Black* modificata (1998), che attraverso 27 item suddivisi in 5 sezioni (*Reporting, External validity, Bias and Counfounding, Power*), fornisce un dato oggettivo sul livello di qualità dello studio. In particolare in 26 *item* è assegnato un punteggio di 0 oppure 1 (con 0 che indica una risposta negativa mentre 1 corrisponde a risposta affermativa), con il massimo punteggio ottenibile di 28 punti. Il restante *item* utilizza un punteggio da 0 a 2 (n. 5).

Ad un maggiore punteggio corrisponde un maggior livello qualitativo dello studio. In particolare attraverso alcune fasce di punteggio è possibile tradurre il valore numerico ottenuto in un giudizio, con eccellente che corrisponde alla fascia 24-28 punti, buona (19-23 punti), discreta (14-18punti) e scarsa (≤ 14 punti). Nella Tabella II è riportata una versione tradotta in italiano della scala (Baratella N., 2021).

Tabella II. Scala Downs & Black Modificata (tradotto da Downs & Black, 1998)

Item	Punteggio
Sezione Reporting	
1. L'ipotesi/obiettivo dello studio è chiaramente definita?	0-1
2. Le principali misure di <i>outcome</i> sono chiaramente descritte nell' <i>abstract</i> o nei Materiali e Metodi?	0-1
3. Le caratteristiche dei pazienti inclusi nello studio sono state chiaramente descritte?	0-1
4. L'intervento di interesse per lo studio (trattamento ed eventuale placebo) è chiaramente descritto?	0-1
5. La distribuzione dei principali fattori confondenti (<i>confounders</i>) in ciascun gruppo è chiaramente esplicitata?	0-2
6. I principali risultati dello studio sono chiaramente descritti?	0-1
7. Lo studio fornisce una stima della variabilità (<i>random variability</i>) dei dati per gli <i>outcome</i> principali?	0-1
8. Le possibili controindicazioni che si potrebbero verificare come conseguenza dell'intervento sono indicate?	0-1
9. Le caratteristiche dei pazienti persi al <i>follow-up</i> sono state descritte?	0-1
10. I valori di probabilità sono riportati non approssimati per i principali <i>outcome</i> (es. 0.035 anziché <0.05) ad eccezione di valori inferiori a 0.0001?	0-1
Sezione External Validity	
11. I soggetti a cui è stato chiesto di partecipare allo studio sono rappresentativi dell'intera popolazione dalla quale sono stati reclutati?	0-1
12. I soggetti che hanno partecipato allo studio sono rappresentativi dell'intera popolazione dalla quale sono stati reclutati?	0-1
13. Lo staff, le strutture e i servizi dove i pazienti sono stati trattati sono rappresentative del trattamento che la maggior parte dei pazienti riceve?	0-1
Sezione Internal Validity-Bias	
14. È stato fatto un tentativo per rendere "ciechi" i soggetti rispetto all'intervento ricevuto?	0-1
15. È stato fatto un tentativo per rendere "ciechi" gli esaminatori rispetto ai principali <i>outcome</i> dell'intervento?	0-1
16. Eventuali analisi eseguite non previste all'inizio dello studio sono state chiaramente indicate?	0-1
17. Negli studi clinici e studi di coorte, le indagini statistiche condotte	0-1

tengono in considerazione le differenti lunghezze del <i>follow-up</i> dei pazienti? Negli studi caso controllo, il tempo che intercorre tra intervento e <i>outcome</i> è lo stesso per i casi e i controlli?	
18. I test statistici utilizzati sono appropriati al tipo di studio e di campione statistico?	0-1
19. La <i>compliance</i> rispetto all'intervento è affidabile?	0-1
20. Le misurazioni degli <i>outcome</i> principali sono accurate (valide e affidabili)?	0-1
Sezione Internal validity – Counfounding	
21. I pazienti dei differenti gruppi (studi clinici e studi di coorte) o i casi e i controlli (studi caso-controllo) sono stati reclutati dalla stessa popolazione?	0-1
22. I pazienti dei differenti gruppi (studi clinici e studi di coorte) o i casi controlli (studi caso controllo) sono stati reclutati durante lo stesso arco di tempo?	0-1
23. I pazienti all'interno del gruppo intervento sono stati randomizzati?	0-1
24. L'assegnazione dei pazienti al gruppo intervento o al gruppo controllo è stata eseguita in doppio cieco (nascosta sia ai pazienti che allo staff)?	0-1
25. Sulla base di eventuali fattori confondenti, sono state applicate delle correzioni alle analisi statistiche dalle quali sono state tratte le conclusioni principali?	0-1
26. Le perdite di pazienti al <i>follow-up</i> sono state prese in considerazione?	0-1
Sezione Power	
27 ⁴ . Lo studio ha una potenza statistica sufficiente per individuare un effetto clinicamente importante nel caso in cui il valore di probabilità per una differenza dovuta alla casualità sia inferiore al 5%?	0-1

4.2.1 Strategia di analisi del rischio di *bias*

La sopracitata scala, permette di analizzare il rischio di *bias* presenti negli studi scelti. Per questo gli *item* delle sezioni *Bias e Counfounding* (14-26) sono stati scelti come strumento di valutazione del rischio di errori sistematici. Il massimo punteggio ottenibile è pari a 13 punti, con questo valore che

⁴ per questo *item* si è scelto di utilizzare la versione modificata della scala in quanto diversi studi propongono di assegnare un punteggio 0/1 anziché un punteggio di 0/5. Questo rende più semplice la valutazione della potenza statistica (Richmond et al., 2013; Simic et al., 2011)

corrisponde ad un minor livello di rischio di *bias* presenti nello studio. Al contrario un punteggio più basso indica un maggior rischio.

4.2.2 Estrazione dei dati:

Un revisore indipendente (AB) si è occupato di estrarre i dati degli studi scelti: autori, anno di pubblicazione, disegno dello studio, popolazione, intervento, comparazione, risultati. Un secondo revisore (GM) ha contribuito, attraverso confronto diretto con il primo revisore, alla correzione ed eventuale modifica dei parametri dello studio.

5. RISULTATI

5.1 Selezione degli studi

In Figura V sono riportati le varie tappe di selezione degli studi, incluse le motivazioni di esclusione e gli articoli scelti.

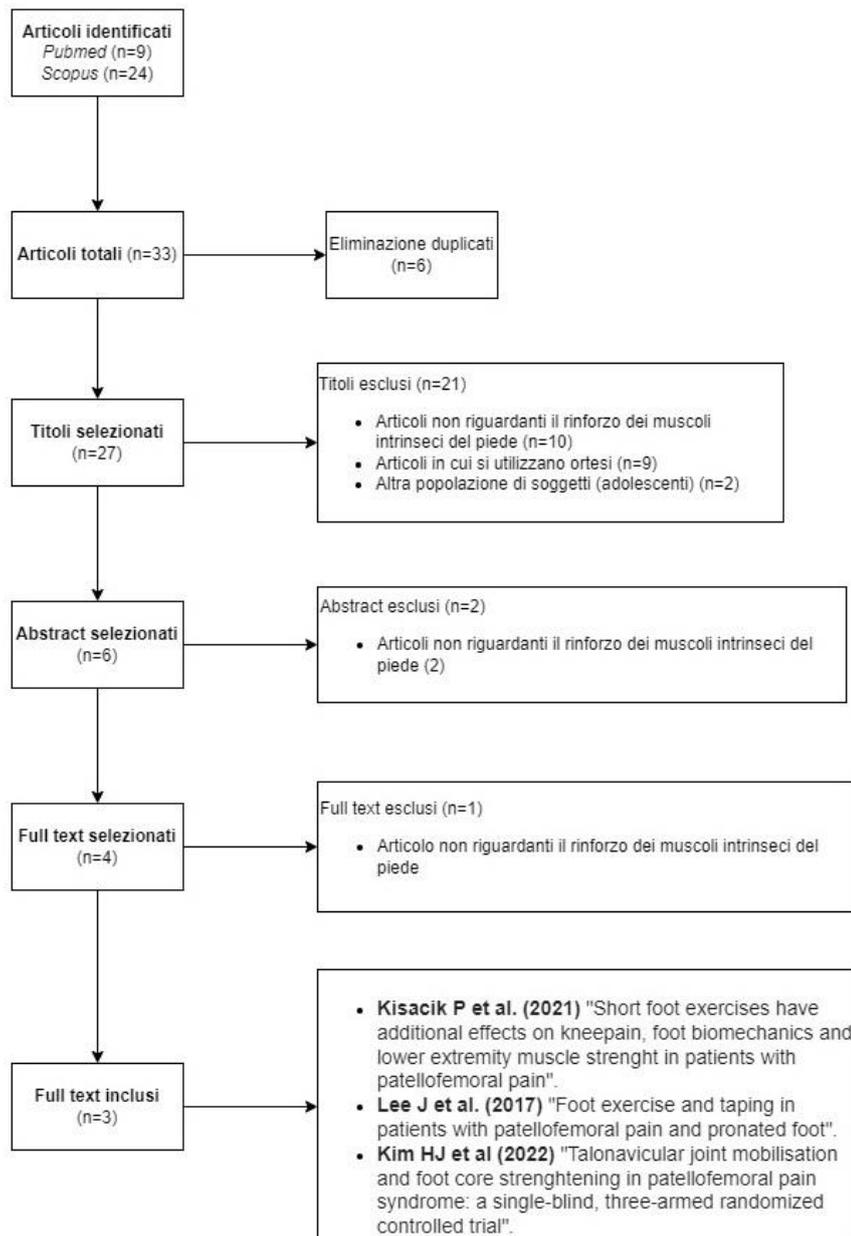


Figura V. Flow chart del processo di selezione degli studi.

La ricerca bibliografica ha prodotto un totale di 33 risultati, di cui 9 dalla banca dati biomedica di *Pubmed* e 24 da *Scopus*. Dopo l'eliminazione di 6 duplicati, 21 articoli sono stati esclusi in base alla lettura del titolo. Successivamente, si è proceduto alla lettura degli *abstract* dei 6 articoli rimasti, eliminandone altri 2. Si sono quindi considerati i 4 articoli rimanenti procedendo alla lettura dei *full*

text con l'esclusione di un articolo perché non riguardante il rinforzo della muscolatura intrinseca del piede. Al fine della revisione si sono quindi analizzati 3 articoli.

5.2 Valutazione della qualità metodologica

La media dei punteggi totali conseguiti dai 3 studi esaminati alla scala *Downs & Black* è pari a 22.6/28, con un giudizio equivalente a “buono” riguardo alla qualità metodologica (Tabella III). In termini percentuali la media della qualità metodologica degli studi si attesta sul 80.71%.

Gli studi di Kisacik et al. (2021) e Kim et al. (2022) hanno ottenuto rispettivamente il punteggio totale di 25/28 e di 24/28, mentre lo studio di Lee et al. (2017) ha totalizzato 19/28.

Per l'item n.8 (Tabella II) si è scelto di non assegnare un punteggio (N/D) perché nessuno dei 3 studi riporta le controindicazioni al trattamento.

Nella sezione *Reporting* (item 1-10) gli studi di Kisacik et al. (2021) e Kim et al. (2022) hanno totalizzato un punteggio di 10/11 mentre lo studio di Lee et al., (2017) di 8/11, per una media punti totale di 9,33/11.

Nella sezione *External validity* (item 11-13) tutti e tre gli studi hanno conseguito il massimo punteggio ottenibile di 3/3.

Per quanto riguarda *Internal Validity-Bias* (item 14-20) lo studio di Kisacik et al. (2021) e di Kim et al (2022) hanno ottenuto un punteggio di 6/7, con lo studio di Lee et al. (2017) che ha conseguito uno *score* di 5/7, per una media punti totale di 5.66/7.

Nell'ambito della sezione *Internal Validity- Confounding* (item 21-26) i tre studi hanno raggiunto i rispettivi punteggi: Kisacik et al. (2021) 5/6; Lee et al. (2017) 3/6; Kim et al. (2022) 4/6, per un punteggio medio di 4/6.

Nella sezione *Power*, ai 3 è stato assegnato un punteggio di 1/1 in quanto hanno tutti calcolato le dimensioni del campione da analizzare rispetto alla popolazione da rappresentare (*sample size*), con una potenza statistica pari all'80%.

La Tabella III riassume i punteggi ottenuti dai rispettivi studi per ogni *item* indagato.

Tabella III. Punteggi <i>Downs & Black Modified</i>			
Item	Kisacik et al. (2021)	Lee J et al. (2017)	Kim HJ et al. (2022)
1.	1	1	1
2.	1	1	1
3.	1	1	1
4.	1	1	1
5.	2	1	2

6.	1	1	1
7.	1	1	1
8.	N/D	N/D	N/D
9.	1	N/D	1
10.	1	1	1
11.	1	1	1
12.	1	1	1
13.	1	1	1
14.	1	N/D	1
15.	0	0	0
16.	1	1	1
17.	1	1	1
18.	1	1	1
19.	1	1	1
20.	1	1	1
21.	1	1	1
22.	1	1	1
23.	1	1	1
24.	N/D	N/D	N/D
25.	1	N/D	N/D
26.	1	N/D	1
27.	1	1	1
R. Bias Totale	11	8	10
	25	19	24

5.3 Valutazione del rischio di *bias*

La valutazione del rischio di *bias* è stata ottenuta sommando i punteggi delle due sezioni *Internal Validity Bias* e *Internal Validity Confoundings*. Il punteggio maggiore è stato raggiunto dallo studio di Kisacik et al. (2021) con 11/13, seguito dallo studio di Kim et al. (2022) con 10/13 e infine dallo studio di Lee et al. (2017) che ha totalizzato 8/13. La media dei punteggi totali è pari a 9,66/13 corrispondente ad un minor rischio di *bias*.

5.4 Caratteristiche degli studi

La Tabella IV riassume le principali caratteristiche degli studi considerati al fine della revisione.

5.4.1 Caratteristiche dei soggetti

Il numero totale di soggetti coinvolti nella revisione è pari a 96, di cui 64 di sesso femminile (66,7%) e 32 di sesso maschile (33,3%). L'età media del campione analizzato è di 27.87 anni con il *Body Mass Index* (BMI) medio che è uguale a 22.94 kg/m².

Negli studi di Kim et al. (2022) e di Kisacik et al. (2021) il numero totale dei soggetti che hanno eseguito un intervento rivolto al rinforzo della muscolatura intrinseca del piede è pari a 47, con un numero di controlli (persone che hanno svolto un intervento differente) uguale a 31. Lo studio di Lee et al. (2017) ha coinvolto 18 soggetti che hanno eseguito 3 diverse tipologie di intervento in tempi diversi.

Per quanto riguarda i criteri di selezione del campione 2 studi hanno preso in considerazione soggetti con dolore peripatellare provocato da attività funzionali come accovacciarsi, salire/scendere le scale, mantenere posizione sedute prolungate (Lee et al., 2017; Kisacik et al., 2021) mentre lo studio di Kim et al., (2022) ha incluso i soggetti positivi ad almeno 2 di 4 test clinici. Tutti e 3 gli studi hanno considerato pazienti con un'eccessiva eversione calcaneare. In particolare gli studi di Kisacik et al (2021) e di Lee et al. (2017) hanno utilizzato la stessa scala per misurare la pronazione del piede (*foot posture index, FPI*). Nell'*assessment* del dolore lo studio di Kim et al. (2022) ha utilizzato la scala *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS), mentre gli altri 2 studi hanno sfruttato la *Visual Analogue Scale* (VAS).

Tutti e 3 gli studi considerati hanno escluso dal loro campione di analisi soggetti con instabilità legamentosa di ginocchio, precedenti interventi chirurgici al ginocchio, patologie articolari reumatologiche e tendinee, recente utilizzo di terapia antinfiammatoria (Lee et al., 2017; Kim et al., 2022) e utilizzo di ortesi plantari (Lee et al., 2017; Kisacik et al., 2021). Negli studi di Kisacik et al. (2021) e Kim et al. (2022) sono state escluse donne in stato di gravidanza.

Tabella IV. Caratteristiche degli studi

Studio	Soggetti	Gruppi	Intervent	Outcome	Risultati
Kim HG et al. (2022)	<p>Numero: 48 soggetti in diagnosi di PFPS. Sesso: 21 M+27 F. Età media: 21.96±2.34 anni. BMI medio: 22.77±2.95 kg/m². Criteri di inclusione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dolore anteriore o posteriore al ginocchio per almeno più di 12 settimane. - Eccessiva eversione calcaneare misurata in almeno 6° in posizione rilassata. - Positività ad almeno 2 dei seguenti 4 test (contrazione isometrica durante flessione leggera del ginocchio; palpazione della rima articolare del ginocchio; compressione della rotula sul femore; limitazione attiva in estensione di ginocchio). - Quantificazione del dolore da 3 a 7 punti alla scala NRS durante le attività quotidiane. <p>Criteri di esclusione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Storia/Diagnosi di lesioni meniscali o articolari. - Lassità legamentosa (legamenti crociati/collaterali) - Tendiniti (patellare, bandelletta ileotibiale, pes anserinus). - Positività al segno di apprensione patellare - Sindromi di Osgood-Schlatter o Sind Larsen. Johansson - Versamenti intrarticolari ginocchio - Dolori all'anca o bassa schiena - Storia di instabilità del ginocchio (sublussazione o lussazione) - Storia di chirurgia al ginocchio. - Terapia antinfiammatoria o cortisonica nelle 24h prima del test. - Traumi cerebrali o disordini vestibolari negli ultimi 6 mesi. 	<p><i>Talonavicular joint mobilisation (16) (TJM)</i></p> <p><i>Foot core strengthening (16) (FCS)</i></p> <p><i>Blended Intervention n (16): TJM + FCS</i></p>	<p>12 Sedute riabilitative 3 volte/settimana distribuite in 4 settimane.</p> <p><i>Follow-up</i> a 4 settimane rispetto ogni intervento.</p>	<p><i>Primari:</i></p> <p>Valutare intensità del dolore 0-10 misurato con scala NPRS.</p> <p><i>Secondari:</i></p> <p>1. Valutare Funzionalità degli arti inferiori con scala Kujala (AKPS).</p> <p>2. Valgismo del ginocchio in dinamico (DVI) attraverso <i>single-leg squat</i>.</p> <p>3. Valutazione della postura del piede con scala <i>Foot posture index</i> (FPI).</p> <p>4. Valutazione dell'attivazione muscolare VM/VL.</p>	<p>TJM sembra essere efficace sul dolore maggiormente rispetto a FCS (diff media -0.938; CI 95% -1.664 a -0.211; p<0.017).</p> <p>L'intervento combinato sembra migliorare la funzionalità del ginocchio AKPS (diff. media -6.250; CI 95% -1.265 a -11.235; p<0.017) e il valgismo di ginocchio in dinamico DVI, (diff.media -11.019; CI95%-17.007 a -5.031; p<0.017) più del singolo intervento con TJM al follow up a 4 settimane.</p> <p>TJM sembra essere il più efficace nell'immediato post intervento (diff media -1.250; CI 95% -2.195 a -0.30; p<0.017).</p> <p>TJM (diff media -1.563; CI95% -2.640 a -0.485; p<0.017) e l'intervento combinato (diff media -1.500; CI 95%-2.578 a -0.422; p<0.017) sembrano essere più efficaci del singolo FCS nel migliorare la postura del piede al follow up a 4 settimane.</p> <p>L'intervento combinato sembra essere più efficace nell'attivazione di VM e VL rispetto a TJM (diff. media 0.284; CI 95% 0.069 a 0.500; p<0.05) e FCS (diff. media 0.265; CI 95% 0.050 a 0.48; p<0.05) al</p>

Tabella IV. *Continua*

Studio	Soggetti	Gruppi	Intervento	Outcome	Risultati
Lee J et al. (2017).	<p><i>Numero:</i> 18 soggetti in diagnosi di PFPS <i>Sesso:</i> 6 M- 12 F <i>Età media:</i> 20.06±1.63 anni <i>BMI medio :</i> 20.85±3.31kg/m² <i>Criteri di inclusione:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - età tra i 18 e i 35 anni - dolore peripatellare o retropatellare di durata di almeno 6 settimane. - Dolore provocato da almeno 2 delle seguenti attività (corsa, camminata, accovacciamento, fare le scale, inginocchiarsi, seduta prolungata) oppure dolore evocato dalla palpazione della rotula, compressione dell' articolazione femororotulea o contrazione isometrica del quadricipite. - Dolore scala VAS ≥ 3. - piede pronato ≥ 4° di eversione o punteggio FPI da 6 a 12. <p><i>Criteri di esclusione:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - dolori/infortuni concomitanti alla schiena o all'anca omolaterale. - insufficienza legamentosa del ginocchio. - precedente chirurgia al ginocchio. - instabilità rotulea. - tendinopatie rotulee. - allergia al kinesiotope. - utilizzo di ortesi plantari nell'ultimo anno. - Assunzione di antinfiammatori. - Obesità BMI > 25kg/m². 	<p><i>Forward descending stair (FDS) plus untreated (18)</i> <i>FDS plus Short foot exercise (SF) (18)</i> <i>FDS plus tape (18)</i></p>	<p>Esecuzione di 3 tipologie di intervento a livello del piede (non trattato, SF, Kinesiotaping) durante il compimento di un gradino in discesa, valutando l'attivazione muscolare (VMO, VL, AbdH) attraverso monitoraggio EMG.</p>	<p>Valutare se l'attivazione muscolare durante la discesa eseguendo SF sia maggiore (VMO, Abdh) rispetto al condizione non trattato e utilizzando il kinesiotope.</p>	<p>Si è riscontrata significatività statistica per la differente attivazione dell' Abdh nelle 3 diverse condizioni (p=0.009).</p> <p>L' attivazione dell' Abdh sembra essere maggiore quando associato a SF rispetto alle altre due condizioni (p=0.006).</p> <p>Non si è riscontrata significatività statistica tra le 3 tipologie di intervento nella differente attivazione di VM, VL (p=1.54).</p>

Tabella IV. Continua

Studio	Soggetti	Gruppi	Intervento	Outcome	Risultati
Kisacik et al. (2021)	<p><i>Numero:</i> 30 soggetti con PFPS e piede piatto. <i>Sesso:</i> 5 M – 25 F. <i>Età media:</i> 41.60 aa. <i>BMI medio:</i> 25,22kg/m². <i>Criteri di inclusione:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Soggetti tra 25 e 55 anni. - Dolore peripatellare da almeno 6 mesi. - Dolore provocato da attività come accovacciamento, inginocchiamento, fare le scale, seduta prolungata. - Dolore tra il 3.5 (moderato) e >6.5 (severo) della scala VAS. - Piede pronato con punteggio >6 alla scala FPI. <p><i>Criteri di esclusione:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Storia di precedenti traumi al ginocchio e operazioni chirurgiche - Storia di instabilità rotulea, patologie tendinee o borsiti. - Eventuali trattamenti non chirurgici nei precedenti 6 mesi a causa di patologie articolari o reumatologiche. - Gravidanze - Fasciti plantari e utilizzo di ortesi plantari. 	<p><i>Short foot exercise group (SFEG) (15)</i></p> <p><i>Control group (ConG) (15)</i></p>	<p>Esecuzione di due diverse tipologie di trattamento in due gruppi di pz separati:</p> <p><i>SFEG:</i> protocollo standard + Short foot exercise.</p> <p><i>ConG:</i> protocollo standard (esercizi di rinforzo e stretching a livello di ginocchio e anca).</p> <p>Trattamento con frequenza di 2 volte a settimana per 6 settimane.</p>	<p>Valutare l'effetto di SFE sul dolore al ginocchio (VAS, KPS), durante alcune attività motorie di vita quotidiana (cammino, accovacciamento, inginocchiamento, fare le scale, dolore notturno), postura del piede (FPI, RA, NDT), forza muscolare della muscolatura distale dell'arto inferiore (Test di forza), in soggetti con PFPS trattati con protocollo di esercizi standard.</p>	<p>Entrambi i gruppi hanno mostrato un decremento del dolore nel punteggio della scala VAS nelle varie attività, ma solo il gruppo SFEG ha dimostrato significatività statistica (seduta prolungata p = 0.002; salire le scale p = 0.007; squatting p = 0.041; dolore notturno p = 0.027). non si è riscontrata significatività statistica per il dolore al ginocchio durante il cammino e i punteggi della scala KPS.</p> <p>I punteggi ai test NDT, RA, FPI sono diminuiti nel gruppo SFEG mentre sono aumentati nel gruppo dei controlli (NDT right p = 0.007, left p = 0.054; RA-NWB right p = 0.040, left p = 0.001; RA-WB right p = 0.004, left p < 0.001; FPI right and left p < 0.001).</p> <p>Nel gruppo SFEG si è rilevata una significatività statistica nel rinforzo degli estensori dell'anca rispetto al gruppo ConG (destro p = 0.028, sinistro p = 0.037).</p>

5.4.2 Tipologie di intervento

Kim et al. (2022) hanno impostato il trattamento riabilitativo suddividendo il campione in 3 gruppi, ognuno composto da 16 soggetti. Nel primo gruppo i pazienti hanno ricevuto un trattamento di terapia manuale, ovvero la mobilizzazione dell'articolazione talo-navicolare (*talonavicular joint mobilisation*, TJM). Il secondo gruppo ha eseguito esercizi di rinforzo della muscolatura intrinseca del piede (*foot core strengthening*, FCS) mentre il terzo è stato sottoposto alla combinazione di entrambi gli interventi (*Blended intervention*, TJM+ FCS). Il trattamento è durato per 4 settimane con i pazienti che hanno svolto 3 sedute riabilitative a settimana, per un totale di 12 complessive. La valutazione degli *outcome* indagati è stata svolta prima del trattamento, al termine delle 12 sedute e infine a distanza di 4 settimane (*follow-up*) per ciascun intervento.

Nello studio di Kisacik et al. (2021) che ha valutato 30 soggetti, i pazienti sono stati suddivisi in due gruppi equivalenti (15 soggetti per gruppo): il primo gruppo (SFEG) ha combinato un protocollo standard di esercizi di rinforzo e di *stretching* della muscolatura dell'anca e del ginocchio con l'esecuzione degli *short foot exercise*. Il secondo gruppo (ConG) ha eseguito il solo protocollo standard. Il trattamento si è sviluppato per 6 settimane con una frequenza di 2 sedute riabilitative a settimana, per un totale di 12 totali. La valutazione degli *outcome* ricercati è avvenuta prima del trattamento e al termine delle 6 settimane totali di intervento.

Infine nello studio di Lee et al. (2017)⁵ si è voluto valutare l'attivazione muscolare in diversi distretti dell'arto inferiore, in particolare il Vasto Mediale Obliquo (VMO), il Vasto Laterale (VL) e l'Abduttore dell'alluce (AbdH), dell'arto in carico durante la discesa di un gradino (*forward descent step*, FDS). I 18 soggetti coinvolti nello studio hanno svolto il *task* richiesto in 3 momenti diversi, eseguendo il compito in altrettanti modi differenti. Sotto controllo elettromiografico, la prima volta hanno fatto il gradino normalmente (FDS-*untreated*), la seconda dopo aver ricevuto l'applicazione di un *kinesiotape* a livello della caviglia dell'arto in carico (FDS *plus tape*) e infine la terza volta eseguendo la discesa dal gradino dopo l'attivazione della muscolatura intrinseca del piede dell'arto in carico (FDS *plus Short Foot*, SF).

5.4.3. Outcome

Di seguito la sintesi dei risultati ottenuti dall'analisi dei 3 studi rispetto agli *outcome* indagati. In particolare gli studi di Kim et al. (2022) e Kisacik et al. (2021) si sono concentrati sul valutare come *outcome* primario il dolore al ginocchio durante l'esecuzione di alcune attività funzionali attraverso

⁵ Al fine della revisione è stato considerato questo studio perché indaga in modo specifico l'attivazione muscolare dell'arto inferiore durante un movimento, lo scendere le scale, che normalmente causa dolore nei soggetti con PFPS. Nonostante non misuri alcuni *outcome* (es efficacia sul dolore e sulla biomeccanica dell'arto inferiore) come gli altri due studi considerati, fornisce comunque un valore aggiuntivo allo scopo della ricerca, trattandosi di una revisione narrativa.

alcuni strumenti come la scala NPRS (Kim et al., 2022), la scala VAS (Kisacik et al. 2021) e la *Kujala Anterior Knee Pain Scale* (AKPS), un questionario di tipo *patient reported outcome measure* (PROM) che ha lo scopo di valutare il dolore e la funzionalità degli arti inferiori in soggetti affetti da sindrome femoro rotulea (PFPS) (Kujala et al., 1993). Secondariamente i due studi hanno indagato l'effetto del trattamento sulla biomeccanica dell'arto inferiore attraverso il *Foot Posture Index* (FPI) (Kisacik et al., 2021; Kim et al., 2022), il *Navicular drop test*⁶(NDT) (Kisacik et al., 2021), il *Rearfoot angle* RA (un test clinico che valuta la condizione di eversione/inversione del piede, attraverso la misurazione dell'angolo formato dall'inserzione del tendine d'Achille e la linea perpendicolare passante per il calcagno) (Kisacik et al., 2021) e il *Dynamic Valgus Index*⁷ (DVI) (Kim et al., 2022). Entrambi gli studi hanno valutato la forza muscolare del distretto prossimo-distale dell'arto inferiore. Kim et al. (2022) hanno valutato l'attivazione del Vasto Mediale (VM) e del Vasto Laterale (VL) attraverso un controllo elettromiografico, nell'esecuzione di un gradino (*stair ascend*), prima di eseguire il movimento, durante e dopo. Lo studio di Kisacik et al. (2021) ha valutato la forza muscolare durante una contrazione isometrica dei muscoli nel distretto dell'anca (estensori e abduttori), del ginocchio (estensori e flessori), della caviglia (dorsiflessori e flessori plantari) e del piede (flessore lungo dell'alluce), attraverso l'utilizzo di un dinamometro.

Lo studio di Lee et al. (2017), come precedentemente riportato, indaga le differenti attivazioni muscolari di alcuni muscoli dell'arto inferiore (VMO, VL e AbdH) rispetto a 3 condizioni diverse durante il *forward step descend*: durante l'attivazione della muscolatura intrinseca del piede (FDS-*plus SF*), in condizioni normali (FDS-untreated) e utilizzando il kinesioteape (FDS *plus tape*).

5.4.3.1 Riduzione del dolore

Lo studio di Kim et al. (2022) ha evidenziato come nell'immediato post intervento, il trattamento di terapia manuale (TJM) sia risultato il più efficace nella riduzione del dolore al punteggio NPRS, rispetto agli altri 2 gruppi analizzati ($d=3.37$; diff media -1.250; CI 95% -2.195 a -0.30; $p<0.017$). A 4 settimane di distanza dall'intervento, alla valutazione con scala NPRS si è rilevata una significativa differenza nella riduzione del dolore (diff media -0.938; CI 95% -1.664 a -0.211;

⁶ Test clinico che valuta l'arco longitudinale mediale del piede (MLA) attraverso la misurazione della prominenza dell'osso navicolare in condizione di scarico (paziente seduto) e carico (paziente in piedi). Maggiore è la differenza in queste due condizioni, minore accentuato sarà l'arco longitudinale del piede (Kisacik et al, 2021).

⁷ È l'angolo formato dalla somma della proiezione sul piano frontale (FPPA) degli angoli dell'articolazione dell'anca (α) e del ginocchio (β) durante un *single leg squat*. In particolare a livello di anca il valore FPPA considerato è ($90^\circ - \alpha$) dove α è sotteso dalla linea congiungente le due spine iliache anterosuperiori e la linea che attraversa la coscia. A livello di ginocchio il valore FPPA è dato da ($180 - \beta$) dove β è formato dalla linea che attraversa la coscia e la linea che dalla rotula passa perpendicolarmente alla tibia. Un aumento di 10° o più di questo valore indica la presenza di valgismo dinamico di ginocchio.

$p < 0.017$) a favore del gruppo TJM rispetto a quello FCS. Nel valutare l'*effect size*⁸, combinare entrambi gli interventi (*blended intervention*) è risultato avere un effetto maggiore nella riduzione del dolore a distanza di 4 settimane ($d = 3.74$).

Lo studio di Kisacik et al. (2021) ha riscontrato un decremento del dolore nel punteggio della scala VAS al termine delle 6 settimane di trattamento in entrambi i gruppi. Solo nel gruppo *short foot exercise* (SFEG) si è riscontrata significatività statistica nella diminuzione del dolore durante alcune attività funzionali (seduta prolungata $p = 0.002$; salire le scale $p = 0.007$; *squatting* $p = 0.041$; dolore notturno $p = 0.027$).

5.4.3.2 Effetto sulla funzionalità del ginocchio e sulla biomeccanica dell'arto inferiore

Kim et al. (2022) hanno rilevato come l'intervento combinato (*blended intervention*) abbia ottenuto un miglioramento del punteggio AKPS statisticamente significativo (diff. media -6.250; CI 95% -1.265 a -11.235; $p < 0.017$) rispetto al singolo intervento con TJM al *follow-up*. Inoltre alla valutazione dell'effetto (*effect size*) di ogni singolo intervento, l'intervento combinato ha ottenuto un punteggio maggiore nell'immediato post intervento ($d = 2.23$) e a distanza di 4 settimane ($d = 2.42$).

L'intervento combinato ha avuto un effetto anche sul valgismo di ginocchio in dinamica DVI più del singolo intervento con TJM (diff. media -11.019; CI 95% -17.007 a -5.031; $p < 0.017$) al *follow-up*. Alla valutazione dell'effetto (*effect size*) di ogni singolo intervento sul valgismo dinamico di ginocchio, l'intervento combinato è risultato avere l'effetto maggiore nell'immediato post intervento ($d = 2.07$) e a lungo termine ($d = 2.90$).

Inoltre il trattamento manuale TJM (diff. media -1.563; CI 95% -2.640 a -0.485; $p < 0.017$) e l'intervento combinato (diff. media -1.500; CI 95% -2.578 a -0.422; $p < 0.017$) sembrano essere più efficaci del singolo rinforzo con *foot core strengthening* (FCS) nel migliorare la postura del piede al *follow up* a 4 settimane. Alla valutazione dell'effetto (*effect size*) di ogni singolo intervento sulla postura del piede, il trattamento manuale (TJM) ha ottenuto un punteggio maggiore nell'immediato post intervento ($d = 2.53$) e a lungo termine ($d = 2.93$).

Nello studio di Kisacik et al. (2021) entrambi i gruppi considerati hanno ottenuto simili cambiamenti nei punteggi alla scala AKPS ($p = 0.601$; *effect size* ES: 0.10; $p = 0.836$ ES: 0.002) anche se non sono risultati significativi da un punto di vista statistico. Inoltre per quanto riguarda la valutazione della postura del piede, gli *score* alla valutazione dei test NDT, RA e FPI sono diminuiti nel gruppo *short foot exercises* (SFEG), mentre sono aumentati nel gruppo controllo (ConG). In

⁸ dimensione dell'effetto, consente di stimare la forza della relazione tra le variabili considerate (Glen S., 2022), in questo caso l'intervento combinato e la diminuzione del dolore al ginocchio al punteggio NPRS

particolare i valori riscontrati hanno evidenziato differenze significative per ogni parametro tra i due gruppi (NDT destro $p=0.007$, sinistro $p=0.054$; RA-NWB⁹ destro $p=0.040$, sinistro $p=0.001$; RA-WB¹⁰ destro $p=0.004$, sinistro $p<0.001$; FPI destro e sinistro $p<0.001$). Questo indica che i pazienti del gruppo SFEG hanno ottenuto un miglioramento statisticamente significativo nella postura del piede, rispetto ai controlli dopo la conclusione del periodo di trattamento (6 settimane).

5.4.3.3 Attivazione muscolare

Nella ricerca di Lee et al. (2017), si è riscontrata significatività statistica per la diversa attivazione dell'Abduttore dell'alluce (AbdH), nelle tre differenti condizioni di intervento ($p=0.009$) durante il *forward step descent* (FDS).

Inoltre l'attivazione dell'AbdH sembra essere maggiore quando associato a *short foot exercise*, rispetto alle altre due condizioni. Non si è riscontrata significatività statistica tra le 3 tipologie di intervento nella differente attivazione dei muscoli Vasto mediale obliquo (VMO) e Vasto laterale (VL) ($p=1.54$).

Kim et al. (2022) hanno riscontrato che l'intervento combinato (*blended intervention*) sembra essere significativamente più efficace nell'attivazione del Vasto mediale (VM) e Vasto laterale (VL) rispetto al singolo intervento manuale (TJM) (diff. media 0.284; CI 95% 0.069 a 0.500; $p<0.05$) e al singolo rinforzo della muscolatura intrinseca del piede (FCS) (diff. media 0.265; CI 95% 0.050 a 0.48; $p<0.05$) a distanza di 4 settimane. L'*effect size* calcolato per ciascun intervento ha dimostrato che il trattamento combinato ha ottenuto un effetto maggiore nell'immediato post intervento ($d=2.69$) e a distanza di 4 settimane ($d=2.93$) rispetto all'attivazione muscolare del VM e VL.

Nello studio di Kisacik et al. (2021) nel gruppo SFEG si è rilevata significatività statistica nell'aumento della forza isometrica dei muscoli estensori dell'anca rispetto al gruppo controllo (arto destro $p=0.028$; arto sinistro $p=0.037$). Entrambi i gruppi hanno comunque migliorato la forza muscolare dei distretti indagati durante il periodo di trattamento.

⁹ No-Weight-Bearing, quindi seduto con il piede in scarico.

¹⁰ Weight-Bearing, quindi con il paziente in piedi caricando sul piede.

6. DISCUSSIONE

6.1 Sintesi delle evidenze

L'intervento a livello del piede in una condizione clinica come la sindrome femoro rotulea è poco documentato in letteratura anche se può rappresentare un valido strumento riabilitativo, utile soprattutto nei soggetti che presentano dolore al ginocchio in associazione a un'eccessiva eversione del retropiede (Selfe et al., 2015).

Il presente lavoro di revisione bibliografica, conferma la limitata quantità di ricerche presenti in letteratura nell'indagare l'efficacia dell'intervento a livello del piede in soggetti con dolore femoro rotuleo. In particolare gli articoli selezionati al fine della tesi, sembrano fornire risultati convergenti rispetto agli *outcome* indagati, nonostante non sembra essere pienamente condivisa l'efficacia del singolo intervento di rinforzo a livello della muscolatura del piede.

6.1.2 Valutazione del dolore

Nella valutazione del dolore, gli studi di Kisacik et al. (2021) e di Kim et al. (2022) hanno evidenziato una diminuzione del dolore dopo il trattamento riabilitativo. In particolare nello studio di Kim et al. (2022) il trattamento manuale (TJM) è risultato essere significativamente più efficace rispetto al singolo rinforzo della muscolatura intrinseca del piede (FCS) nell'immediato post intervento. A distanza di 4 settimane di *follow-up* i due interventi combinati (*blended intervention*) hanno ottenuto una maggior riduzione del dolore rispetto ai singoli trattamenti. Questo sembra essere suggerito anche dallo studio di Kisacik et al (2021), dove l'associazione del rinforzo della muscolatura intrinseca del piede all'intervento standard è risultato maggiormente efficace nella diminuzione del dolore durante attività funzionali rispetto al gruppo controllo. Queste evidenze suggeriscono come nella diminuzione del dolore al ginocchio l'intervento combinato in più distretti (piede, ginocchio, anca) sembra essere efficace, anche se non è chiaramente indicato quanto incida il singolo intervento rispetto all'*outcome* indagato.

6.1.3 Funzionalità del ginocchio e biomeccanica dell'arto inferiore

Per quel che concerne l'efficacia dell'intervento sulla funzionalità del ginocchio e sulla biomeccanica dell'arto inferiore, si evidenzia come l'intervento combinato abbia ottenuto un maggior miglioramento del punteggio della scala AKPS nell'immediato post intervento e a distanza di 4 settimane (Kim et al., 2022). Sempre nello stesso studio, un dato rilevante sembra essere che il trattamento manuale (TJM) e l'intervento combinato (*blended intervention*) risultano più efficaci del singolo rinforzo con *foot core strenghtening* (FCS) nel migliorare la postura del piede (attraverso valutazione con *foot posture index*, FPI) al *follow up* a 4 settimane. Contrariamente, lo

studio di Kisacik et al. (2021), suggerisce come i pazienti del gruppo SFEG abbiano ottenuto un miglioramento statisticamente significativo nella postura del piede, rispetto ai controlli dopo la conclusione del periodo di trattamento (6 settimane). Questo può essere spiegato dal fatto che i due studi mettono a confronto interventi differenti. Lo studio di Kim et al. (2022) valuta l'efficacia di due trattamenti differenti a livello del piede, mentre lo studio di Kisacik et al. (2021) aggiunge ad un trattamento di rinforzo standard della muscolatura di ginocchio e anca (gruppo controllo) il rinforzo della muscolatura del piede. In entrambi gli studi comunque, intervenire a livello del piede sembra essere efficace nel migliorare la funzionalità del ginocchio e la biomeccanica dell'arto inferiore, in accordo con le evidenze riscontrate in letteratura che suggeriscono come un'aumentata eversione del piede possa aumentare lo stress a livello della femoro rotulea (Tiberio D., 1987; Wilson et al., 2007). Questo sembra essere confermato anche dal miglioramento del valgismo dinamico di ginocchio (DVI) analizzato nello studio di Kim et al. (2022), in cui l'intervento combinato è risultato avere l'effetto maggiore nell'immediato post intervento e a distanza di 4 settimane.

6.1.4 Attivazione muscolare

Per quanto riguarda la valutazione dell'attivazione muscolare, lo studio di Lee et al. (2017) non ha riscontrato significatività statistica tra le 3 tipologie di intervento nella differente attivazione dei muscoli Vasto mediale obliquo (VMO) e Vasto laterale (VL). Kim et al (2022) hanno invece rilevato come l'intervento combinato abbia ottenuto un maggior effetto nell'attivazione del Vasto mediale (VM) e Vasto laterale (VL) rispetto al singolo intervento manuale (TJM) e al singolo rinforzo della muscolatura intrinseca del piede (FCS) sia nell'immediato post intervento che a distanza di 4 settimane.

Nello studio di Kisacik et al. (2021) entrambi i gruppi hanno migliorato la forza muscolare dei distretti indagati durante il periodo di trattamento, con un aumento della forza dei muscoli estensori dell'anca nel gruppo SFEG. Questi risultati suggeriscono come l'attivazione della muscolatura del ginocchio, nello specifico il Vasto mediale e Vasto laterale, possa essere migliorata con un intervento distale a livello del piede, anche se le evidenze trovate sono contrastanti e sono necessari ulteriori approfondimenti per indagare la reale efficacia di questa tipologia di intervento.

Alla luce dei risultati ottenuti dalla revisione della letteratura è possibile confermare l'utilità terapeutica del rinforzo della muscolatura del piede in soggetti con dolore femoro rotuleo che presentano un'eccessiva eversione del retropiede. Ciò che sembra essere maggiormente efficace è comunque l'intervento combinato a livello di più distretti (anca, ginocchio, *core*, piede) come confermato da diversi studi presenti in letteratura (Nascimento et al., 2018; Scali et al., 2018,

Foroughi et al., 2019). Il singolo intervento a livello del piede (nello specifico il rinforzo della muscolatura intrinseca) sembra non risultare sufficiente per ottenere un cambiamento statisticamente significativo nei principali *outcome* indagati (dolore, funzionalità del ginocchio e biomeccanica dell'arto inferiore, attivazione muscolare) anche se sembra migliorare il controllo posturale del piede, ponendo le basi per il corretto allineamento dell'arto inferiore e facilitando l'attivazione muscolare nel distretto del ginocchio (Kisacik et al., 2021; Kim et al., 2022). Questo dato deve comunque essere supportato da ulteriori ricerche future.

6.2. Elaborazione di una proposta riabilitativa: *case report*

Al fine dell'elaborato di tesi è stato ritenuto importante allegare una possibile proposta di trattamento riabilitativo, attraverso un *case report*, focalizzando l'intervento a livello del piede. La Tabella V descrive il consenso informato per la partecipazione allo studio, attraverso il quale il soggetto selezionato per la ricerca ha ricevuto le informazioni necessarie rispetto al trattamento riabilitativo proposto.

Tabella V: Consenso informato per partecipazione a studio di ricerca universitaria

Gentile Signora/e,

Sto conducendo uno studio finalizzato ad una tesi di laurea in Fisioterapia dell'Università degli studi di Padova. Il *case report* al quale ha deciso di partecipare vuole indagare l'efficacia del *training* della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con dolore femoro rotuleo.

Con il seguente modulo, dichiara di essere stata/o adeguatamente informata/o rispetto al trattamento riabilitativo proposto, in particolare nei suoi vantaggi e possibili danni che da esso possono derivare.

I dati raccolti saranno mantenuti strettamente anonimi e utilizzati esclusivamente per le finalità sopra descritte.

Potrà richiedere informazioni sullo studio a:

alberto.baldon.1@studenti.unipd.it Tel. 3345717772

giuseppe.maestrelli@unipd.it

Per la rilevazione dei dati necessari allo studio e la compilazione di una scala di valutazione (*foot posture index*, FPI), sono state scattate delle fotografie, in accordo con il soggetto, attraverso l'utilizzo della fotocamera di un generico *smartphone*. Per la misurazione di alcuni valori numerici

(gradi) sono stati utilizzati due strumenti di misurazione reperibili online e su una nota piattaforma di distribuzione digitale (Goniometro online, 2022).

Nel selezionare il soggetto, sono stati determinati alcuni criteri di inclusione ed esclusione, derivati dall'analisi della letteratura e dalla revisione narrativa svolta. In particolare:

Criteri di inclusione:

- Popolazione di adulti (19+), Maschio/Femmina.
- Presenza di piede pronato (Kisacik et al., 2020).
- Esordio doloroso a peripatellare \leq 12 settimane (Kim et al., 2022).
- Dolore durante alcune delle seguenti attività funzionali: seduta/accovacciamento, salire/scendere le scale, camminata, corsa, salto, attività di vita quotidiana (Lee et al., 2017).

Criteri di esclusione:

- Soggetti con instabilità legamentosa del ginocchio o precedente chirurgia al ginocchio (Kim et al., 2022), tendinopatie (Lee et al., 2017).
- Soggetti che utilizzano ortesi plantari (Collins et al., 2008).
- Assunzione di farmaci antinfiammatori prima del trattamento (Kim et al., 2022).

6.2.1 Informazioni sul paziente e presentazione clinica

La Tabella VI riassume le informazioni demografiche e personali del soggetto scelto per la ricerca.

Tabella VI: informazioni demografiche e personali	
Sesso	F
Età	23 anni
Peso	63 kg
Altezza	1,62
BMI	24,01 kg/m ² (normopeso)
Professione	Studentessa

Ad una prima valutazione eseguita in data 05/09/2022, la paziente riferisce comparsa dolore in area peri patellare del ginocchio sinistro da luglio 2022. Nega di aver subito traumi recentemente o infortuni in passato al ginocchio sinistro, mentre racconta di essersi fratturata la gamba destra (frattura di tibia e perone) nel 2013. Alla valutazione puntuale del dolore riferisce dolore alla scala NPRS= 1/10 a riposo, in peggioramento con attività. La tabella VII sintetizza la rilevazione del dolore durante alcune attività funzionali.

Tabella VII: Dolore durante alcune attività funzionali scala NPRS	
Accovacciarsi	NRS= 6/10
Scendere le scale	NRS= 5/10
Mantenere posizione seduta	NRS= 6/10
Camminare/Correre	NRS= 8/10

Inoltre racconta di come prima dell'insorgenza di questo dolore fosse solita camminare oppure correre 2/3 volte alla settimana per una distanza totale di circa 10 km. La paziente conferma di non aver assunto terapia antalgica o antinfiammatoria nell'ultimo periodo, utilizzando della semplice crioterapia per gestire il dolore, che si manifesta soprattutto nelle giornate in cui si muove a piedi per esigenze di studio.

6.2.2 Esame obiettivo e valutazione fisioterapica

Alla valutazione obiettiva, il ginocchio non presenta particolari segni di infiammazione acuta (assenza di gonfiore, rossore, dolore alla palpazione dell'area peritrolea, calore cutaneo) anche se la paziente riferisce che a volte, dopo alcune attività come correre o camminare a lungo è capitato che si gonfiasse. Sono risultati negativi alcuni test di instabilità del ginocchio rispetto al controlaterale (cassetto anteriore /posteriore, *varo/valgus stress test*) e alcuni test per la valutazione dei menischi articolari (test di *McMurray*, test di *Apley*, iperflessione e iperestensione del ginocchio). Nega dolore al carico in stazione eretta bipodolica e monopodolica, anche se la richiesta di accovacciarsi o di eseguire un *single leg squat* risulta dolorosa soprattutto all'aumentare del grado di flessione del ginocchio (NPRS=6/10).

Alla mobilizzazione della rotula sinistra dalla posizione supina si evidenzia una maggior rigidità allo scivolamento medio laterale rispetto al ginocchio controlaterale, senza comunque evocare dolore particolare.

Conservato il ROM articolare completo del ginocchio sia alla mobilizzazione passiva (Estensione-Flessione: S 0° –160°) che a quella attiva (Estensione-Flessione: S 0° –140°).

Non evidenti deficit di forza muscolare alla valutazione con *Muscle Power Scale* (MRC) testando il compartimento di estensori e flessori di ginocchio e anca rispetto al controlaterale. Al fine della valutazione del dolore e della funzionalità del ginocchio durante alcune attività quotidiane è stata somministrata la scala *Kujala Anterior Knee Pain Scale* AKPS (Kujala et al., 1993) con un punteggio pari a 70/100 che corrisponde ad un modesto grado di compromissione della funzionalità del ginocchio. In particolare i valori specifici per ogni *item* sono sintetizzati nella Tabella VIII.

Tabella VIII: Scala AKPS		
Zoppia	Nessuna	5 punti
Accovacciarsi	Doloroso ogni volta	3 punti
Carico	Doloroso	3 punti
Correre	Dolore intenso	3 punti
Perimetro di marcia	Più di 2 km	3 punti
Scale	Leggero dolore nel discesa delle scale	8 punti
Saltare	Leggera difficoltà	7 punti
Posizione seduta prolungata	Dolore costante	6 punti
Movimenti rotulei anomali (sublussazioni)	Nessuno	10 punti
Dolore	Tale da disturbare il riposo notturno	6 punti
Atrofia della coscia	Nessuno	5 punti
Deficit di flessione	Nessuno	5 punti
Gonfiore	Dopo attività quotidiane	6 punti
Totale		70/100

Per quanto riguarda la valutazione della postura e della biomeccanica del piede in statica, è stato utilizzato il *foot posture index* (FPI) che ha fornito i seguenti risultati descritti nella Tabella IX.

Tabella IX: <i>Foot posture index</i> FPI		
Palpazione delle teste talari	Testa talare palpabile medialmente e leggermente lateralmente	+1
Curve sopra e sotto malleolari	Curva sottomalleolare più concava della curva sopramalleolare	+1
Posizione del calcagno sul piano frontale	Asse del calcagno tra posizione verticale e everso di 5°	+1
Sporgenza dell'articolazione astragalo –scafoide	Area dell'astragalo scafoidea è leggermente rigonfia	+1
Altezza della volta mediale	Arco tende ad abbassarsi nella sua porzione centrale	+1
Abduzione/Adduzione avampiede su retropiede	Dita mediali non visibili, dita laterali ben visibili	+2
Totale		+7

Il punteggio totale pari a + 7 conferma la presenza di un modesto grado di pronazione del piede.

Nella valutazione del valgismo dinamico di ginocchio (DVI), è stato eseguito un *single leg squat*, evidenziando gli angoli α e β formati a livello di anca e ginocchio e calcolati attraverso l'utilizzo di un'applicazione per *smartphone*. Il risultato calcolato utilizzando la formula del *dynamic valgus index* $[(90^\circ - \alpha) + (180^\circ - \beta)]$ (Kim et al., 2022) ha fornito un valore di 27° che conferma la presenza di valgismo dinamico di ginocchio.

6.2.3 Interventi

Dopo la valutazione si è proceduto con la spiegazione e la dimostrazione degli esercizi da eseguire a domicilio quotidianamente (*Short foot exercises*) volti al rinforzo della muscolatura intrinseca del piede per un periodo di 4 settimane.

Questo allenamento consiste nel cercare di avvicinare le articolazioni metatarsofalangee al calcagno, senza flettere le dita e mantenendo l'appoggio del piede al suolo. La Figura VI dimostra come eseguire l'esercizio correttamente.

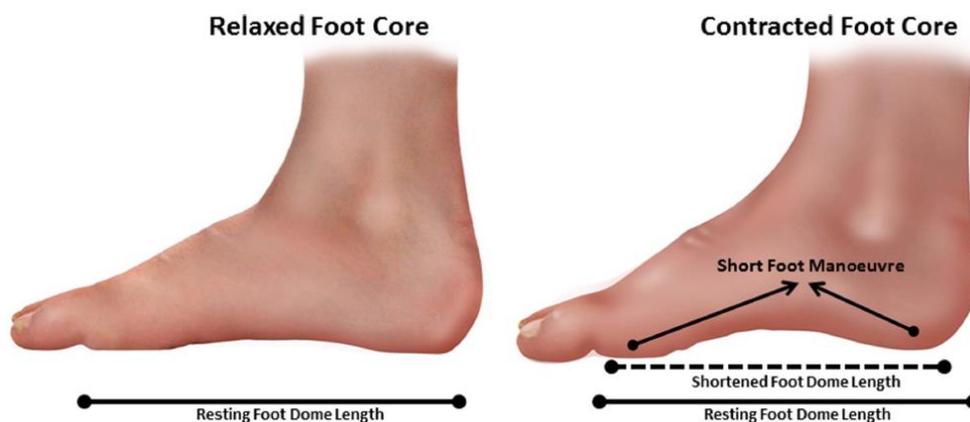


Figura VI: Corretta esecuzione dello *Short Foot Exercise* (tratto da McKeon et al., 2015).

Gli esercizi proposti sono stati studiati secondo una progressione, con le prime 2 settimane in cui sono stati eseguiti esercizi in catena cinetica chiusa da posizione seduta (ginocchio flesso a 90° e caviglia in posizione neutra) con un progressivo aumento del carico sull'arto durante la seconda settimana. Nella terza settimana l'esercizio è stato svolto da in piedi mentre durante la 4 settimana si è proposta l'esecuzione in *single leg stance* (Carrasco et al., 2020).

In tutte le varianti di esercizio si richiede una contrazione di 30 secondi per un totale di 5 serie con 10 s di riposo tra una serie e l'altra (Carrasco et al, 2020).

La paziente, dopo essere stata educata all'esecuzione corretta degli esercizi durante la prima seduta valutativa, ha svolto il programma in autonomia con rivalutazione a distanza di 4 settimane degli *outcome* indagati.

6.2.4 Outcome

Nella misurazione degli *outcome* sono stati individuati obiettivi primari e secondari. In particolare come *outcome* primario si è scelto di valutare il miglioramento del dolore peripatellare durante attività di vita quotidiana pre e post trattamento tramite l'utilizzo di:

- Scala *Numerical Pain Rating Scale* (NPRS) con scopo di indagare il dolore puntuale al momento della valutazione durante alcune attività funzionali (chiedendo alla paziente quanto male percepisse in quel momento da 0 a 10 con 0 che corrisponde a nessun dolore e 10 che corrisponde al peggior dolore immaginabile).
- Scala *Kujala Anterior Kneepain Scale* (AKPS) con scopo di valutare il dolore durante attività quotidiane e limitazioni funzionali del ginocchio (13 *item*. punteggio da 0 a 100 con 0 che indica disabilità completa nelle attività indagate e 100 che indica nessun sintomo) (Kujala et al., 1993).

Come *outcome* secondario si è deciso di indagare un eventuale miglioramento della biomeccanica del distretto ginocchio-caviglia dopo il trattamento proposto. Per fare questo si è eseguita una valutazione posturale pre e post trattamento attraverso la misurazione di:

- Valgismo di ginocchio in dinamica (*Dynamic Valgus Knee*, DVI) durante esecuzione di *single leg squat* (SLS) con valutazione e quantificazione dell'eventuale aumento o diminuzione della proiezione degli angoli a livello di anca e ginocchio.
- Valutazione della postura del piede nelle sue varie componenti (avampiede, mediopiede, retropiede) attraverso la scala *foot posture index* (FPI) che con 6 *item* valuta la biomeccanica in statica del piede con punteggi che vanno dal -2 (molto supinato) a +2 (molto pronato) con 0 che corrisponde ad un valore neutro (Kim et al., 2022).

6.2.5 Risultati al *follow-up*

La rivalutazione è stata eseguita in data 3/10/2022, dopo quattro settimane di trattamento in cui la paziente ha svolto quotidianamente gli esercizi proposti secondo la progressione stabilita. Di seguito sono riportati i risultati rispetto ai punteggi delle scale considerate in fase di valutazione iniziale. In particolare, la paziente non ha riferito dolore alla rivalutazione puntuale a riposo con valore alla scala NPRS=0. La Tabella X riassume la valutazione del dolore alla scala NPRS durante alcune attività funzionali.

Tabella X: Dolore durante alcune attività funzionali scala NPRS	
Accovacciarsi	NRS= 3/10
Scendere le scale	NRS= 0/10
Mantenere posizione seduta	NRS= 3/10
Camminare/Correre	NRS= 5/10

Alla rivalutazione del dolore e della funzionalità del ginocchio durante alcune attività quotidiane la scala AKPS ha evidenziato un miglioramento nello *score* totale che è risultato pari a 88/100. Nello specifico gli *item* che hanno evidenziato un punteggio più alto sono rappresentati dal miglioramento della capacità di accovacciarsi, dall'aumento del perimetro di marcia senza sentire dolore, dalla capacità di correre per 2 km in assenza di dolore, dal fare le scale senza nessuna difficoltà e dal mantenere la posizione seduta in modo prolungato con l'insorgere occasionale del dolore. Inoltre è migliorata anche la presentazione della sintomatologia dolorosa che non ha più condizionato il riposo notturno, ripresentandosi saltuariamente in maniera più attenuata. La Tabella XI riassume i risultati ottenuti alla scala *Kujala Anterior Kneepain Scale* (AKPS).

Tabella XI: Scala AKPS eseguita al <i>follow-up</i>		
Zoppia	Nessuna	5 punti
Accovacciarsi	Accovacciamenti ripetuti dolorosi	4 punti
Carico	Completo senza dolore	5 punti
Correre	Dolore dopo più di 2 km	8 punti
Perimetro di marcia	Illimitato	5 punti
Scale	Nessuna difficoltà	10 punti
Saltare	Leggera difficoltà	7 punti
Posizione seduta prolungata	Dolore dopo esercizio	8 punti
Movimenti rotulei anomali (sublussazioni)	Nessuno	10 punti
Dolore	Leggero occasionale	8 punti
Atrofia della coscia	Nessuno	5 punti
Deficit di flessione	Nessuno	5 punti
Gonfiore	Dopo esercizi pesanti	8 punti
Totale		88/100

La rivalutazione della postura e della biomeccanica del piede in statica attraverso il *foot posture index* (FPI) ha fornito i seguenti risultati descritti nella Tabella XII.

Tabella XII: Rivalutazione <i>foot posture index</i> FPI		
Palpazione delle teste talari	Testa talare palpabile medialmente e leggermente lateralmente	+1
Curve sopra e sotto malleolari laterali	Le due curve sopra e sotto malleolari sono simili	+0
Posizione del calcagno sul piano frontale	Asse del calcagno tra posizione verticale e everso di 5°	+1
Sporgenza dell'articolazione astragalo –scafoide	Area dell'astragalo scafoidea è leggermente rigonfia	+1
Altezza della volta mediale	Arco tende ad abbassarsi nella sua porzione centrale	+1
Abduzione/Adduzione avampiede su retropiede	Dita mediali non visibili, dita laterali ben visibili	+2
Totale		+6

Nonostante il miglioramento nello *score* alla valutazione con scala FPI = +6 il punteggio totale conferma un moderato grado di pronazione del piede a distanza di 1 mese dal trattamento. La Figura VI rappresenta fotograficamente la valutazione prima e dopo il trattamento dei vari *item* della scala FPI.

Valutazione 05/09/2022

Palpazione delle teste talari



Rivalutazione 03/10/2022

Palpazione delle teste talari



Curve sopra e sotto malleolari



Curve sopra e sotto malleolari



Posizione calcagno piano frontale



Posizione calcagno piano frontale



Sporgenza articolazione astragalo scafoidea



Sporgenza articolazione astragalo scafoidea



Altezza della volta mediale



Altezza della volta mediale



Abduzione/Adduzione avampiede/retropiede



Abduzione/Adduzione avampiede/retropiede



Figura VII: i 6 *item* della scala FPI rappresentati attraverso fotografie del piede in diverse posizioni statiche prima del trattamento e alla rivalutazione dopo un mese

La rivalutazione del *Dynamic Valgus Knee* (DVI) durante un *single leg squat* ha restituito un valore di $19,6^\circ$ ottenendo dunque un decremento rispetto alla precedente valutazione di $7,4^\circ$. In Figura VII è riportata l'immagine dell'esecuzione del movimento con gli angoli formati a livello di anca e di ginocchio.

Dynamic Valgus Knee (DVI) 05/10/2022



Dynamic Valgus Knee (DVI) 03/09/2022



Figura VIII: *Dynamic Valgus Index*: in figura sono evidenziati l'angolo α (in blu a livello dell'anca) pari a $75,6^\circ$ a sinistra e a $77,1^\circ$ a destra e l'angolo β (in rosso a livello di ginocchio) pari a $167,6^\circ$ a sinistra e $173,3^\circ$ a destra.

6.2.6 Compliance, tollerabilità all'intervento ed eventi avversi

Durante il periodo di trattamento, la paziente ha svolto gli esercizi tutti i giorni rispettando il programma impostato. Non ha riferito particolari difficoltà all'esecuzione anche se ha segnalato che durante la prima settimana l'esecuzione dello *short foot exercise* ha affaticato la muscolatura del piede. Questo aspetto è migliorato nei giorni successivi permettendo di continuare il trattamento e di concluderlo come previsto eseguendo tutte le varianti di esercizio proposte. Non si sono verificati eventi avversi ulteriori.

6.3 Limiti e punti di forza dello studio

Il principale limite della revisione della letteratura condotta è la ridotta presenza di letteratura a supporto del rinforzo della muscolatura intrinseca del piede in soggetti con sindrome dolorosa femoro rotulea. Lo stile narrativo della revisione fornisce una visione panoramica rispetto all'argomento indagato, selezionando studi eterogenei tra loro e fornendo una descrizione di tipo qualitativo.

Il rispetto dei criteri di inclusione nella selezione del soggetto per il *case report* permette a questo lavoro di tesi di allinearsi alle evidenze scientifiche derivate dalla revisione della letteratura riguardo all'intervento a livello del piede in pazienti che presentano dolore femoro rotuleo aspecifico.

L'utilizzo di scale di valutazione, consente inoltre di quantificare alcune misure di *outcome* sia per quanto riguarda la funzionalità dell'arto inferiore in alcune attività quotidiane e sportive, sia per quel che riguarda l'aspetto biomeccanico e posturale del distretto ginocchio-piede. A questo proposito l'utilizzo di alcune di queste scale (DVI e FPI su tutte) è correlato a una valutazione del soggetto durante una situazione statica, in un determinato momento e non durante un'attività dinamica come il cammino o la corsa. Uno spunto per ulteriori studi può quindi essere quello di inserire la valutazione del soggetto all'interno di attività dinamiche, sfruttando le pedane baropodometriche, la *gait analysis* e strumenti elettromiografici per la misurazione dell'attivazione muscolare.

I miglioramenti dei punteggi alle scale *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS) e *Kujala Anterior Knee Pain Scale* (AKPS) suggeriscono la possibile efficacia del rinforzo della muscolatura intrinseca del piede in questo tipo di condizione clinica per quanto riguarda *outcome* come il dolore e la funzionalità del ginocchio in attività di vita quotidiana, anche se non è stato possibile quantificarne la reale efficacia rispetto alla variabile "tempo trascorso a riposo" dalle attività stressanti per il ginocchio da parte del paziente. Il lavoro di tesi si è inoltre svolto considerando un singolo soggetto, cosa che rappresenta un limite per lo studio. Sarebbe opportuno per ulteriori approfondimenti, allargare la dimensione del campione considerato, inserendo all'interno del disegno dello studio la possibilità di analizzare una popolazione più ampia ed eterogenea in termini di età e sesso. Infine il monitoraggio degli *outcome* dopo un solo mese di trattamento rappresenta un'ulteriore spunto per futuri studi in cui sarà necessario aumentare il tempo di *follow up* per valutare anche gli effetti a lungo termine dell'intervento. Nonostante l'emergere di queste limitazioni, la paziente ha comunque tratto del beneficio dal trattamento attuato, riferendo un miglioramento rispetto alla sua condizione dolorosa precedente e aumentando la propria autonomia in attività di vita quotidiana legate allo spostamento in cui prima aveva delle difficoltà.

7. CONCLUSIONI

Il *training* della muscolatura intrinseca del piede può rappresentare un valido strumento nella gestione e nel trattamento di una condizione clinica ad eziologia multifattoriale come la sindrome femoro rotulea. La revisione della letteratura condotta, suggerisce la possibile efficacia di questo trattamento nel migliorare il dolore peripatellare con un potenziale effetto sulla funzionalità del ginocchio durante l'attività e la biomeccanica dell'arto inferiore, in particolare a livello del piede. Ulteriori studi sono necessari per poter stabilire con precisione il reale effetto del singolo trattamento di rinforzo dei muscoli intrinseci del piede, rispetto a un trattamento standard che coinvolga l'allenamento della muscolatura del ginocchio e dell'anca. Quello che emerge soprattutto dal lavoro di Kim et al. (2022) è che l'intervento combinato a livello di più distretti, compreso quello del piede, sembra essere maggiormente efficace nella gestione del dolore femoro rotuleo in soggetti che presentano un certo grado di pronazione del piede. Questo suggerisce come l'aggiunta di un programma di rinforzo della muscolatura intrinseca del piede ad un trattamento standard, possa contribuire efficacemente al raggiungimento degli *outcome* riabilitativi in questa tipologia di paziente. Nel miglioramento dell'attivazione muscolare del distretto ginocchio-piede le evidenze trovate sono contrastanti e sono necessari ulteriori approfondimenti per valutare questo *outcome* in maniera più precisa.

Il *case report* svolto ha rappresentato un potenziale punto di partenza per la strutturazione di un eventuale programma riabilitativo globale, che inserisca al suo interno il rinforzo della muscolatura intrinseca del piede. I risultati rispetto agli *outcome* indagati sembrano indicare l'efficacia del trattamento nel migliorare il dolore peritroaleo e la funzionalità del ginocchio durante l'attività. Meno significativo sembra essere l'effetto nel miglioramento della postura a livello di ginocchio e piede. Inoltre l'efficacia del trattamento a lungo termine non è stata indagata e necessita quindi di ulteriori approfondimenti, con eventuali studi futuri che riguardino un maggior numero di soggetti attraverso l'utilizzo di strumenti di valutazione posturale che analizzino il soggetto durante attività dinamiche.

BIBLIOGRAFIA:

1. Baratella N., Maestrelli G. (2021), “*Efficacia della Cross-education sulla forza del quadricipite in pazienti sottoposti ad intervento di ricostruzione di Legamento Crociato Anteriore (LCA): revisione della letteratura e proposta riabilitativa*”, Università degli studi di Padova, Tesi di Laurea Triennale in Fisioterapia, A/A 2020-2021.
2. Barton CJ., Lack S., Hemmings S., Tufail S., Morrissey D. (2015), “*The ‘Best Practice Guide to Conservative Management of Patellofemoral Pain’: incorporating level 1 evidence with expert clinical reasoning*”, British Journal of Sports Medicine, Volume 49, n° 14, pag 923-934.
3. Barton CJ., Levinger P., Crossley KM., Webster KE., Menz HB. (2012), “*The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome*”, Clinical Biomechanics Journal, Vol 7, pag 702-705.
4. Bertaiola F. (2018), orthosurgery.it, Disponibile on-line all’indirizzo <http://www.orthosurgery.it/fascite-plantare/>
5. Besier TF., Fredericson M., Gold EG., Beauprè GS., Delp S. (2009), “*Knee muscle forces during walking and running in patellofemoral pain patient and pain free controls*” Journal of Biomechanics, Vol 42, n°7, pag 898-905.
6. Black M. (2013), “*Pilates for feet*” Pilates-Pro.com. Disponibile online all’indirizzo: <http://www.pilates-pro.com/pilates-pro/2009/3/24/pilates-for-feet.html>
7. Blond L., Hansen L. “*Patellofemoral pain syndrome in athletes: a 5.7-year retrospective follow up study of 250 athletes*” Acta Orthopaedica Belgica, Vol 64, n°4, pag393-400.
8. Carrasco MP., Castro-Mendez A., Villar-Palomo S., Jimenéz Cebrián AM., García-Paya I. & Palomo-Toucedo I. (2020), “*Randomized Clinical Trial: The Effect of Exercise of the Intrinsic Muscle on Foot Pronation*”, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol 17, n°4882.
9. Collins NJ., Barton CJ., van Middelkoop M., et al. (2018), “*Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat*”, British Journal of Sports Medicine, Vol 52, pag1170-1178.
10. Collins NJ., Vincenzino B., Van Der Heijden RA., Van Middelkoop M. (2016), “*Pain during prolonged sitting is a common problem in person with patellofemoral pain*”, Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, Vol 46, n°8, pag 658-663.

11. Conchie H., Clark D., Metcalfe A., Eldridge J., Whitehouse M. (2016), "*Adolescent knee pain and patellar dislocations are associated with patellofemoral osteoarthritis in adulthood: A case control study*" The Knee Journal, Vol 4, pag 708-711.
12. Crossley KM. (2014), "*Is patellofemoral osteoarthritis a common sequela of patellofemoral pain?*" British Journal of Sports Medicine, Vol48, pag 409-410.
13. da Fonseca LPRM., Kawatake EH., de Castro Pochini A. (2017), "*Lateral patellar retinacular release: changes over the last ten years*", Revista Brasileira de Ortopedia, Vol 52, n°4.
14. Downs SH., Black N. (1998), "*The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions*" Journal of Epidemiology Community Health, Vol 52, n°6, pag 377-384.
15. Dutton RA., Khadavi MJ., Fredericson M. (2014), "*Update on rehabilitation of patellofemoral pain*", Current Sports Medicine Reports, Vol 13, n° 3, pag 172-178.
16. Eriksen M.B., Frandsen T.F. (2018), "*The impact of patient, intervention, comparison, outcome (PICO) as a search tool on literature search quality: a systematic review.*", J Med Libr Assoc. Oct; Vol 106, n° (4). pag 420-431.
17. Foroughi F., Sobhani S., Yoosefinejad AK., Motealleh A. (2019) "*Added Value of Isolated Core Postural Control Training on Knee Pain and Function in Women With Patellofemoral Pain Syndrome: A Randomized Controlled Trial*" Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Volume 100, n°2, pag 220-229.
18. Glen S., (2022) "*Cohen's D: Definition, Examples, Formulas*", StatisticsHowTo.com: Elementary Statistics for the rest of us!, Disponibile online all'indirizzo:<https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/statistics-definitions/cohens-d/>
19. Goniometro online, strumento di misurazione dell'angolo (2022), disponibile all'indirizzo: https://www.ginifab.com/feeds/angle_measurement/online_protractor.it-it.php
20. James SL., Bates BT., Osternig LR. (1978) "*Injuries to runners*", The American Journal of Sports Medicine, Volume 6, n°2, pag 40-50.
21. Jung DY., Kim MH., Koh EK., Kwon OY., Cynn HS., Lee WH. (2011), "*A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medial longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercise*" Physical Therapy in Sport, n°12, pag 30-35.
22. Kapandji AI. (2018), "*Anatomia funzionale II Arto Inferiore*", Maloine-Monduzzi Editoriale, Milano.

23. Kibler WB., Press J., Sciascia A. (2006), "*The role of core stability in athletic function*" Sports Medicine, n° 36, pag 189-198.
24. Kim HJ., Cho J. & Lee S. (2022), "*Talonavicular joint mobilization and foot core strengthening in patellofemoral pain syndrome: a single-blind, three-armed randomized controlled trial*", BMC Musculoskeletal Disorders, Vol 23, pag 150.
25. Kisacik P., Tunay VB., Bek N., Atay OA., Selfe J., Karaduman AA. (2021), "*Short foot exercises have additional effects on knee pain, foot biomechanics, and lower extremity muscle strength in patients with patellofemoral pain*", Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, Vol 34, n°6, pag 1093-1104.
26. Kujala UM., Jaakkola LH., Koskinen SK., Taimela S., Hurme M., Nelimarkka O. (1993), "*Scoring of patellofemoral disorders*" The journal of arthroscopy and related surgery, Vol 9, n°2, pag 159-163.
27. LaPrade CM., Rasmussen MT., LaPrade RF. (2014), "*Anatomy of the Patellofemoral Joint*". In West RV., Colvin AC. (2014), "*The Patellofemoral Joint in the Athlete*", Springer Ed, pag 1-11.
28. Lee J., Yoon J., Cynn H. (2017), "*Foot exercise and taping in patients with patellofemoral pain and pronated foot*". Journal of Bodywork and Movement Therapies, n°1, pag 216-222.
29. Leetun DT., Ireland ML., Wilson JD. (2004), "*Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes*" Medicine & Science in Sports & Exercise, n°36, pag 926-934.
30. Liao T-C., Yang N., Ho K-Y., Farrokhi S., Powers CM. (2015), "*Femur Rotation Increase Patella Cartilage Stress in Females with Patellofemoral Pain*" Medicine Science of Sports Exercise, Volume 47, n°9, pag 1775-1780.
31. Loudon JK. (2016), "*Biomechanics and pathomechanics of the patellofemoral joint*", International Journal of Sports and Physical Therapy, Vol 11, n°6, pag 820-830.
32. Lynn SK., Padilla RA., Tsang KK., "*Differences in static and dynamic-balance task performance after 4 weeks of intrinsic-foot-muscle training: the short foot exercise versus towel curl exercise*" Journal of Sports and Rehabilitation, n°21, pag 327-333.
33. Maclachlan LR., Collins NJ., Matthews MLG., Hodges PW., Vincenzino B. (2017), "*The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review*", British Journal of Sports Medicine Vol 51, n° 9, pag 732-742.

34. McKeon OP., Hartel J., Bramble D., Davis I. (2015), "*The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function*" British Journal of Sports Medicine, Vol 49, n°290.
35. Mckeon PO., Hertel J., Bramble D., Davis I. (2015), "*The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function*", British Journal of Sports Medicine, Vol 49, n° 290.
36. Mills K., Blanc P., Dev P., Martin M., Vincenzino B. (2011) "*A randomized control trial of short term efficacy of in shoe foot orthoses compared with a wait and see policy for anterior knee pain and the role of foot mobility*" British Journal of Sports Medicine, Vol 46, n°4, pag 247-252.
37. Nascimento LR; Texeira-Salmela Luci F., Souza R., Renan Resende A. (2018), "*Hip and Knee Strengthening Is More Effective Than Knee Strengthening Alone for Reducing Pain and Improving Activity in Individuals With Patellofemoral Pain: A Systematic Review With Meta-analysis*", Journal of Orhopaedica & Physical Therapy, Vol 48, n°1, pag 19-31.
38. Navarro MS., Beltrani Filho CA., Akita Junior J., Navarro RD., Cohen M. (2010), "*Relationship between the lateral patellofemoral ligament and the width of the lateral patellar facet*" Acta Ortopedica Brasileira, Vol 18, n°1, pag 19-22.
39. Patil S., Dixon J., White CL., Jones PA., Hui ACW. (2011) "*An electromyographic exploratory study comparing in the onset of harmstring and quadriceps contraction in patient with anterior knee pain*" The Knee Journal, n°5, pag 329-332.
40. Petersen W., Ellermann A., Gosele-Koppenburg A., Best R., Rembitzki IV., Bruggermann G-P. (2014), "*Patellofemoral pain syndrome*" Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, Vol 22, n°10, pag 2264-2274.
41. Rathleff MS., Rasmussen S., Olesen JL. (2012), "*Unsatisfactory long term prognosis conservative treatment of patellofemoral pain syndrome*" Ugeskrift for Laeger, Vol 174, n°15, pag 1008-1013.
42. Richmond SA., Fukuchi RK., Ezzat A., Schneider K., Schneider G., Emery CA. (2013), "*Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review*" J Orthop Sports Phys Ther, Vol 43, n°8, pag B515–B519

43. Roper JL., Doerfler D., Kravitz L., Dufek J., Mermier C. (2017) “*Gait Retraining From Rearfoot Strike to Forefoot Strike does not change Running Economy*” *International Journal of Sports Medicine*, Vol 38, n°14, pag 1076-1082.
44. Sanchis-Alfonso V., Roselio-Sastre E. (2003) “*Immunohistochemical Analysis for Neural Markers of the Lateral Retinaculum Patients with Isolated Symptomatic Patellofemoral Malalignment*” *The American Journal of Sports Medicine*, Volume 28, n°5, pag 725-731.
45. Saper MG., Cox BA., Shneider DA. “*A Modified Osteotomy for Anteromedialization of the Tibial Tubercle*”, *Arthroscopy Techniques*, Volume 6, n°4, pag 1107-1112.
46. Sauer LD., Saliba SA., Ingersoll CD. (2010), “*Effects of rehabilitation incorporating short foot exercises on self-reported function, static and dynamic balance in chronic ankle instability patients*”.
47. Scali K., Roberts J., McFarland M., Marino K., Murray L. (2018), “*Is multi-joint or single joint strengthening more effective in reducing pain and improving function in women with patellofemoral pain syndrome? A systematic review and meta-analysis*” *International Journal of Sports Physical Therapy*, Vol 13, n°3, pag 321-334.
48. Selfe J., Janssen J., Callaghan M., Witvrouw E., Sutton C., Richards J. (2015), “*Are there three main subgroups within the patellofemoral pain population? A detailed characterisation study of 127 patients to help develop targeted intervention (TIPPs)*” *British Journal of Sports Medicine*, Vol 50, n°14, pag 873-880
49. Simic M., Hinman RS., Wrigley TV., Bennell KL., Hunt MA. (2011), “*Gait modification strategies for altering medial knee joint load: a systematic review*, *Arthritis Care Res (Hoboken)*, Vol 63, n°3, pag 405–426
50. Smith BE., Selfe J., Thacker D., Hendrick P., Bateman M., Moffatt F., Rathleff MS., Smith TO., Logan P. (2018), “*Incidence and prevalence of patellofemoral pain: a systematic review and meta-analysis*”, *Plos One Journal*, Vol 13, n°1.
51. Stathopulo E., Baildam E. (2003), “*Anterior knee pain: a long-term follow-up*” *Rheumatology (Oxford)*, Vol 42, n°2, pag 380-382.
52. Terry GC., Hughston JC., Norwood LA. (1986), “*The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract*”, *American Journal of Sports Medicine*, Vol 14, pag 51-67.
53. Thomee R., Augustsson J., Karlsson J. (1999), “*Patellofemoral pain syndrome: a review of current issues*”. *Sports Medicine*, Vol 28, pag 245– 262.

54. Tiberio D. (1987), "*The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model*", Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol 9, n° 4, pag 160-165.
55. Vora M., Curry E., Chipman A., Matzkin E., Li X. (2017), "*Patellofemoral pain syndrome in female athletes: A review of diagnoses etiology and treatment options*" Orthopedic Reviews, Vol 9, n°4, pag 7281.
56. Watson CJ., Propss M., Ratner J., Zeigler DL., Horton P., Smith SS. (2005), "*Reliability and responsiveness of the lower extremity functional scale and the anterior pain in patients with anterior knee pain*", Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol 135, n° 3, pag 135-146.
57. Wilson T. (2007), "*The measurement of patellar alignment in patellofemoral pain syndrome: are we confusing assumptions with evidence?*" Journal of Orthopaedic and Sports and Physical Terapy, n°37, pag 330-341.
58. Witvrouw E., Callaghan MJ., Stefanik JJ., Noehren B., Bazett-Jones DM., Wilson JD. (2014) "*Patellofemoral pain: consensus statement from the 3rd International Patellofemoral Pain Research Retreat held in Vancouver*" British Journal of Sports Medicine, Vol 48, n°6, pag 411-414.

ALLEGATI:

ALLEGATO 1: SCALA KUJALA ANTERIOR KNEE PAIN SCALE (AKPS)

KUJALA ANTERIOR KNEE PAIN SCALE

Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK, Taimela S, Hurme M, Nelimarkka O. Scoring of patellofemoral disorders. Arthroscopy. 1993;9(2):159-163.

Zoppia		Accovacciarsi	
1 Nessuna	5 punti	1 Nessuna difficoltà	5 punti
2 Leggera o periodica	3 punti	2 Accovacciamenti ripetuti dolorosi	4 punti
3 Costante	0 punti	3 Doloroso ogni volta	3 punti
		4 Possibile ma con carico parziale	2 punti
		5 Impossibile	0 punti
Carico		Correre	
1 Carico completo senza dolore	5 punti	1 Nessuna difficoltà	10 punti
2 Doloroso	3 punti	2 Dolore dopo più di 2 km	8 punti
3 Carico impossibile	0 punti	3 Leggero dolore dall'inizio	6 punti
		4 Dolore intenso	3 punti
		5 Impossibile	0 punti
Perimetro di marcia		Saltare	
1 Illimitato	5 punti	1 Nessuna difficoltà	10 punti
2 Più di 2km	3 punti	2 Leggera difficoltà	7 punti
3 1-2 km	2 punti	3 Dolore costante	2 punti
4 Impossibile	0 punti	4 Impossibile	0 punti
Scale			
1 Nessuna difficoltà	10 punti		
2 Leggero dolore alla discesa delle scale	8 punti		
3 Dolore sia alla salita che alla discesa	5 punti		
4 Impossibile	0 punti		

Posizione seduta prolungata a ginocchia flesse

1 Nessuna difficoltà	10 punti
2 Dolore dopo esercizio	8 punti
3 Dolore costante	6 punti
4 Dolore all'estensione temporanea delle ginocchia	4 punti
5 Impossibile	0 punti

Dolore

1 Nessuno	10 punti
2 Leggero occasionale	8 punti
3 Tale da disturbare il riposo notturno	6 punti
4 Occasionalmente intenso	3 punti
5 Costantemente intenso	0 punti

Gonfiore

1 Nessuno	10 punti
2 Dopo esercizi pesanti	8 punti
3 Dopo attività quotidiane	6 punti
4 Ogni sera	4 punti
5 Costante	0 punti

Movimenti rotulei anomali dolorosi (sublussazioni)

1 Nessuno	10 punti
2 Occasionali nelle attività sportive	6 punti
3 Occasionali nelle attività quotidiane	4 punti
4 Almeno una lussazione documentata	2 punti
5 Più di 2 lussazioni	0 punti

Atrofia della coscia

1 Nessuna	5 punti
2 Leggera	3 punti
3 Intensa	0 punti

Deficit di flessione

1 Nessuno	5 punti
2 Leggero	3 punti
3 Grave	0 punti

Punteggio Totale: ____ / 100

ALLEGATO 2: SCALA *FOOT POSTURE INDEX* (FPI)

1. PALPAZIONE DELLE TESTE TALARI

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Palpazione testa talare laterale ma non mediale	Palpazione testa talare laterale e leggermente palpabile quella mediale	Testa talare palpabile sia lateralmente e medialmente	Testa talare palpabile medialmente e leggermente lateralmente	Testa talare palpabile medialmente ma non lateralmente

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Palpazione testa talare laterale ma non mediale	Palpazione testa talare laterale e leggermente palpabile quella mediale	Testa talare palpabile sia lateralmente e medialmente	Testa talare palpabile medialmente e leggermente lateralmente	Testa talare palpabile medialmente ma non lateralmente

2. CURVE SOPRA E SOTTO MALLEOLARI

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Curva SOTTO il malleolo è dritta o convessa	Curva sotto il malleolo è piatta, più superficiale della curva sopra malleolare	Le due curve sopra e sotto malleolari sono simili	Curva SOTTO il malleolo più concava della curva sopra malleolare	Curva sotto malleolo molto più concava della curva sopra il malleolo

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Curva SOTTO il malleolo è dritta o convessa	Curva sotto il malleolo è piatta, più superficiale della curva sopra malleolare	Le due curve sopra e sotto malleolari sono simili	Curva SOTTO il malleolo più concava della curva sopra malleolare	Curva sotto malleolo molto più concava della curva sopra il malleolo

3. POSIZIONE DEL CALCAGNO SUL PIANO FRONTALE

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Inversione stimata maggiore di 5°. Calcagno inverso (varo)	Asse del calcagno tra posizione verticale e inverso di 5° (varo)	Asse verticale	Asse del calcagno tra posizione verticale e everso di 5° (valgo)	Eversione stimata maggiore di 5°. Calcagno everso (valgo)

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Inversione stimata maggiore di 5°. Calcagno inverso (varo)	Asse del calcagno tra posizione verticale e inverso di 5° (varo)	Asse verticale	Asse del calcagno tra posizione verticale e everso di 5° (valgo)	Eversione stimata maggiore di 5°. Calcagno everso (valgo)

4. SPORGENZA DELL'ARTICOLAZIONE ASTRAGALO-SCAFOIDE

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Area dell'articolaz. astragalo-scafoidea è significativamente concava	Area è leggermente e concava	Area dell'astragalo-scafoidea è piatta	Area dell'astragalo o scafoidea è leggermente rigonfia	Area significativamente rigonfia

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Area dell'articolaz. astragalo-scafoidea è significativamente concava	Area è leggermente e concava	Area dell'astragalo-scafoidea è piatta	Area dell'astragalo o scafoidea è leggermente rigonfia	Area significativamente rigonfia

5. ALTEZZA E FORMA DELLA VOLTA MEDIALE

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Arco alto e più acuto nella parte posteriore	Arco moderatamente alto e leggermente acuto nella parte posteriore	Arco di altezza e curvatura normale	Arco tende ad abbassarsi nella sua porzione centrale	Arco piatto che tocca il suolo

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Arco alto e più acuto nella parte posteriore	Arco moderatamente alto e leggermente acuto nella parte posteriore	Arco di altezza e curvatura normale	Arco tende ad abbassarsi nella sua porzione centrale	Arco piatto che tocca il suolo

6. ABDUZIONE/ADDUZIONE DELL'AVAMPIEDE SUL RETROPIEDE

Piede dx

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Dita mediali chiaramente visibili, non visibili quelle laterali	Dita mediali più visibili di quelle laterali	Dita mediali e laterali egualmente visibili	Dita laterali chiaramente visibili, meno quelle mediali	Dita mediali non visibili, dita laterali ben visibili

Piede sn

PUNTEGGI	-2	-1	0	+1	+2
	Dita mediali chiaramente visibili, non visibili quelle laterali	Dita mediali più visibili di quelle laterali	Dita mediali e laterali egualmente visibili	Dita laterali chiaramente visibili, meno quelle mediali	Dita mediali non visibili, dita laterali ben visibili