

Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.ma Prof.ssa Veronica Macchi*

TESI DI LAUREA

**Il ruolo del muscolo Quadricepito Femorale nel trattamento post-lussazione di rotula:
Revisione Sistemática della letteratura e Meta-analisi**

The role of the Quadriceps Femoris muscle in the post-dislocation treatment of patella: a Systematic
Review and Meta-analysis

RELATORE: Prof. Carlo Biz

Correlatore: Dott. Pietro Nicoletti

LAUREANDO: Mattia Agnoletto

Anno Accademico 2022/23

INDICE

Introduzione.....	1
1. Articolazione Femoro-rotulea.....	2
1.1 Anatomia.....	2
1.2 Biomeccanica.....	4
2. Lussazione Laterale della Rotula.....	6
2.1 Definizione.....	6
2.2 Epidemiologia.....	6
2.3 Eziologia.....	7
2.4 Fisiopatologia.....	7
2.5 Fattori di Rischio.....	8
2.6 Presentazione Clinica e Diagnosi.....	8
2.7 Trattamento Conservativo.....	10
2.8 Trattamento Chirurgico.....	10
2.9 Riabilitazione.....	11
2.10 Prognosi.....	12
3. Scopo dello Studio.....	13
4. Materiali e Metodi.....	13
4.1 Strategie di Ricerca.....	13
4.2 Criteri di Eleggibilità.....	14
4.3 Criteri di Esclusione.....	14
4.4 Modalità di Selezione degli Studi.....	15
4.5 Misure di Outcome.....	15
4.6 Strategie di Analisi della Qualità degli Studi.....	16
4.7 Estrazione dei Dati.....	16

4.8 Analisi Statistica e Meta-analisi.....	16
5. Risultati.....	18
5.1 Selezione degli Studi.....	18
5.2 Popolazione.....	19
5.3 Analisi della Qualità.....	20
5.4 Tipologia di Intervento e Follow-up.....	20
5.5 Misure di Outcome.....	22
5.6 Analisi Statistica e Meta-analisi.....	23
6. Discussione.....	25
6.1 Limiti e Punti di Forza dello Studio.....	30
7. Conclusioni.....	31
Bibliografia.....	32

RIASSUNTO

Obiettivo: Il presente lavoro si prefigge di valutare il ruolo del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio e comprendere se sono presenti deficit di forza dell'apparato estensore negli individui che hanno subito una lussazione di rotula primaria o ricorrente e sono stati trattati in modo chirurgico o conservativo.

Materiali e Metodi: Questo studio è una Revisione Sistemática della Letteratura con Metanalisi, svolto seguendo i criteri del sistema *Prisma Statement*. Per la selezione degli studi sono stati consultati i seguenti motori di ricerca: *Pubmed, Scopus e Web Of Science*, in cui è stata inserita la seguente stringa di ricerca: *patellar dislocation AND [(muscle strength) OR (dynamometer) OR (isokinetic) OR (muscle weakness) OR (isometric) OR (isotonic) OR (eccentric) OR (concentric) OR (strength) OR (torque) OR (power) OR (force)]*, considerando il periodo tra il 1° gennaio 2003 e il 31 dicembre 2022. Per l'analisi della qualità è stata adoperata la scala STROBE.

Gli outcome considerati consistono in misurazioni della forza di estensione del ginocchio e quindi del muscolo quadricipite femorale oggettivamente quantificabile con dinamometro isocinetico o portatile.

Risultati: Degli 855 articoli identificati attraverso i database sono stati inclusi 10 studi, con un totale di 348 pazienti. La media del punteggio della qualità ottenuta dagli studi è stata di 18,6/22. Alcuni interventi hanno avuto un *effect size* positivo e statisticamente significativo per quanto riguarda il miglioramento della forza. In altri studi i risultati confermano un deficit di forza nei confronti del controllo, dell'arto controlaterale non coinvolto o rispetto al follow-up pre-operatorio.

Conclusioni: Le prove disponibili indicano che dopo la lussazione rotulea primaria o ricorrente si osservano frequentemente deficit di forza del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio dell'arto interessato negli individui trattati in modo chirurgico o conservativo. Questo deficit può persistere a lungo termine, anche a tre anni dalla lesione.

ABSTRACT

Objective: The aim of this work is to evaluate the role of the quadriceps femoris muscle in knee extension and to understand whether extensor strength deficits are present in individuals who have suffered a primary or recurrent patella luxation and have been treated surgically or conservatively.

Methods & Materials: This study consists in a Literature's Systematic Review with Meta-analysis, carried out following the Prisma Statement system's criteria. The following search engines have been consulted during the studies' selection: Pubmed, Scopus and Web Of Science, where is present the following string: *patellar dislocation AND [(muscle strength) OR (dynamometer) OR (isokinetic) OR (muscle weakness) OR (isometric) OR (isotonic) OR (eccentric) OR (concentric) OR (strength) OR (torque) OR (power) OR (force)]*. This analysis goes from the 1st January 2003 till 31 December 2022. The STROBE scale was used for Quality analysis. The outcomes considered were strength measurements of knee extension and the hamstrings quadriceps muscle scientifically quantifiable by an isokinetic or portable dynamometer.

Results: In a range of 855 articles, chosen by databases, 10 studies were included for a total amount of 348 patients. The average score obtained by these studies is 18.6/22. Some interventions had a positive and statistically significant effect size regarding the improvement of strength. In other studies the results confirm a strength deficit compared to control, the uninvolved controlateral limb or compared to the pre-operative follow-up.

Conclusions: Available evidence indicates that after primary or recurrent patellar luxation, strength deficits of the quadriceps femoris muscle in knee extension of the affected limb are frequently observed in surgically or conservatively treated individuals. This deficit may persist over the long term, even three years after injury.

Keywords: "patellar dislocation", "muscle strength", "dynamometer", "isokinetic"

INTRODUZIONE

Cellule, organi, ossa, articolazioni, è solo questo il corpo umano?

È un sistema molto più complesso in cui si incontrano discipline diverse, dalla fisica all'antropologia, dalla scienza alla psicologia e molto altro. Il corpo è l'origine della ricerca, è il mezzo con cui conosciamo il mondo, è lo scopo dei nostri studi.

Ho scelto quindi di intraprendere questo percorso mosso dal desiderio di capire e approfondire perché siamo fatti così, perché ci muoviamo in un certo modo, quali dinamiche si celano dietro ogni gesto.

La passione per lo sport e la voglia di conoscere il corpo umano sono stati il mio trampolino di lancio, la motivazione ad intraprendere questo percorso, a fare della mia futura professione la mia vocazione.

Ho scelto di analizzare la tematica della lussazione di rotula in quanto ho avuto modo di assistere a questo tipo di trauma in esperienze passate, da cui è nata una certa curiosità rispetto all'argomento.

Questa tematica ha avuto una notevole crescita negli ultimi anni dal punto di vista anatomico e chirurgico, tuttavia, è poco trattata nella letteratura presente e ancora parzialmente sconosciuta per quanto riguarda la parte riabilitativa. Spesso i pazienti che subiscono questo trauma presentano deficit di forza del muscolo quadricipite femorale, anche a lungo termine, con diminuzione della qualità della vita e difficoltà nel ritorno allo sport. Con questa tesi ci si prefigge di indagare in maniera approfondita la dinamica di tale processo e contribuire in modo positivo alla crescita della comunità scientifica.

1. ARTICOLAZIONE FEMORO-ROTULEA

1.1 Anatomia

Il ginocchio è un complesso articolare formato dall'articolazione femoro-tibiale e femoro-rotulea. La composizione dell'articolazione femoro-rotulea è costituita dalla superficie articolare della rotula e dalla superficie cartilaginea anteriore del femore distale, comprendente il solco trocleare [1]. La corretta biomeccanica dell'articolazione femoro-rotulea richiede un solco trocleare intatto e anatomico e forze congruenti, date dai tessuti molli che agiscono sulla rotula in modo che possa scivolare dolcemente attraverso il solco trocleare [2]. Il normale solco trocleare ha una grande profondità e pendenza che fornisce stabilità intrinseca all'articolazione femoro-rotulea, la displasia trocleare e l'appiattimento di questo solco causano instabilità rotulea [3]. La maggior parte dell'articolazione della rotula si verifica tra la faccetta laterale e il solco trocleare laterale. La rotula è l'osso sesamoide più grande del corpo ed è avvolto nel tendine del quadricipite femorale. La funzione principale della rotula è aumentare il vantaggio meccanico del muscolo quadricipite per l'estensione del ginocchio. La rotula è formata da sette sfaccettature, le faccette principali sono mediale e laterale, che sono ulteriormente suddivise in terzi. Una settima faccetta si trova sul bordo più mediale della rotula ed è chiamata faccetta dispari [4, 5].

Oltre al supporto osseo, ancora più importante per la stabilità della rotula è l'involucro dei tessuti molli. Il muscolo quadricipite femorale si inserisce sulla porzione superiore della rotula e la avvolge fino a fondersi con il tendine rotuleo. Il tendine rotuleo origina dalla porzione inferiore della rotula e si inserisce sulla tuberosità tibiale. Il tendine del quadricipite, la rotula e il tendine rotuleo nel loro insieme costituiscono il meccanismo estensore del ginocchio [1].

Anche la stabilità dinamica data dalla contrazione muscolare del quadricipite contribuisce alla stabilità rotulea, il muscolo vasto mediale obliquo (VMO), inserendosi sulla porzione mediale della rotula, conferisce contenimento mediale alla traslazione laterale mentre il vasto laterale obliquo (VLO) conferisce un vincolo laterale alla traslazione mediale [6].

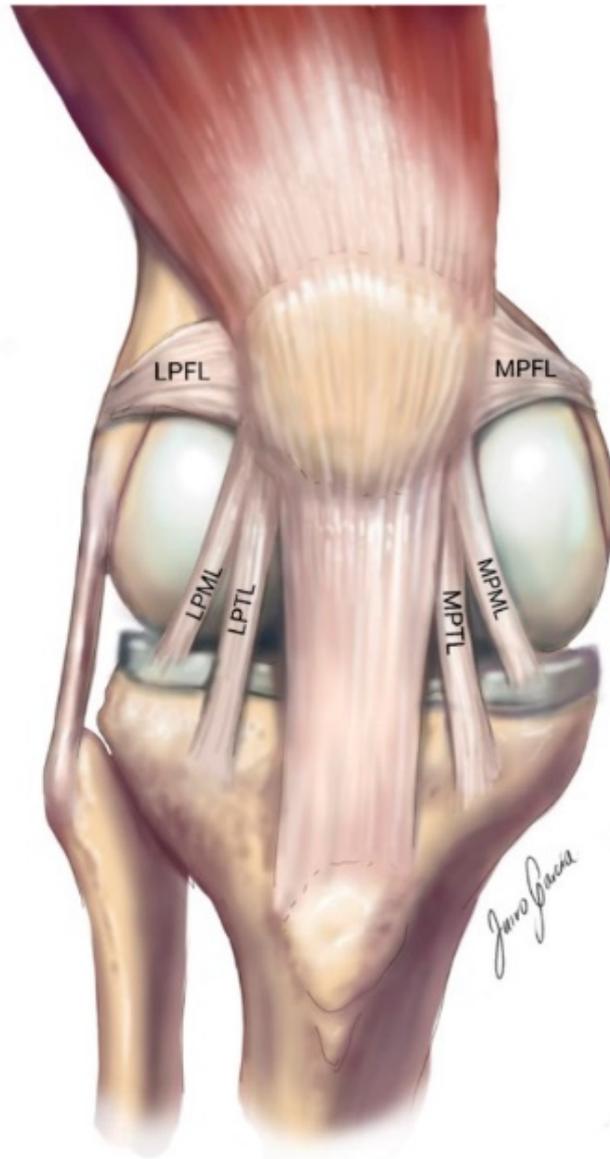


FIGURA 1. Vista anteriore dell'apparato legamentoso dell'articolazione femoro-rotulea [9]

I legamenti sono altrettanto importanti nella stabilità della rotula, in modo particolare quelli della porzione mediale. Essi sono: il legamento femoro-rotuleo mediale (MPFL), il legamento rotuleo-menisciale (MPML), il legamento rotuleo-tibiale (MPTL) e il retinacolo della capsula del ginocchio, giocano tutti un ruolo importante nel prevenire il movimento laterale della rotula e mantenerla congruente nel solco trocleare. Il più importante di questi è il MPFL, che origina dal tubercolo adduttore, dal vasto intermedio e dal retinacolo mediale per inserirsi sul bordo mediale superiore della rotula [7, 8].

Anche i vincoli laterali dei tessuti molli contribuiscono alla stabilità rotulea, ma in misura minore. Questi includono il retinacolo trasversale laterale profondo, il legamento femoro-rotuleo laterale (LPFL), il legamento patello-meniscale laterale (LPML), il legamento rotuleo-tibiale laterale (LPTL), il legamento epicondilo-rotuleo e la fascia tibiale rotulea. Il legamento epicondilo-rotuleo viaggia dall'epicondilo femorale laterale e si inserisce direttamente sulla tibia attraverso la banda ileotibiale (ITB). Lo strato retinacolare laterale superficiale è formato dalla fusione della banda ileo-tibiale, dall'aponeurosi del quadricipite e dal tendine del vasto laterale obliquo (VLO) e si inseriscono sulla porzione laterale della rotula [9].

1.2 Biomeccanica

Il movimento relativo tra il femore distale e la rotula, e di conseguenza la stabilità rotulea, dipende da quattro fattori principali: la geometria dell'articolazione, l'azione dei muscoli che agiscono sulla rotula, l'allineamento dell'arto inferiore e la costrizione passiva esercitata dai tessuti molli circostanti [10]. Fisiologicamente, sul piano frontale, la contrazione del quadricipite femorale determina una forza laterale agente sulla rotula, conseguente all'angolo, detto angolo Q, tra la linea di azione del quadricipite e il tendine rotuleo. Un aumento dell'angolo Q comporta un aumento di questa forza laterale e di conseguenza un maggior rischio di dislocazione [11]. Una volta che la rotula inizia ad entrare nella troclea a 20-30 gradi di flessione, l'anatomia ossea inizia ad essere il principale stabilizzatore, poiché essa, si trova nel solco trocleare che diviene un importante antagonista dello spostamento rotuleo laterale [5]. In particolare, con l'aumentare della flessione del ginocchio, la forza vettoriale, derivante dalla tensione del quadricipite e dalla trazione del tendine rotuleo, spinge la rotula nel solco trocleare, rendendola meno vulnerabile alle lussazioni laterali [1, 6]. Mentre, una troclea displasica, con appiattimento della faccetta laterale, non è in grado di sopportare tale forza esercitata anche a bassi gradi di flessione [3].

Il muscolo vasto mediale obliquo (VMO) contribuisce alla stabilità articolare agendo come stabilizzatore dinamico dell'articolazione femoro-rotulea [4]. Con la sua contrazione esso crea una forza diretta medialmente che contrasta la forza creata dal complesso del muscolo quadricipite e dalla tensione data dal tendine rotuleo che agiscono lateralmente sulla rotula [1, 4, 6].

Un ulteriore componente fondamentale è il complesso legamentoso mediale, in particolare il legamento MPFL, principale vincolo mediale per l'instabilità rotulea laterale. Contribuisce dal 50 al 60% della resistenza alla traslazione laterale della rotula. Inoltre, il MPFL è anche stabilizzatore dinamico che agisce principalmente da 0 a 30 gradi di flessione del ginocchio. Qualsiasi lacerazione, avulsione o rottura traumatica del MPFL porterà all'instabilità rotulea laterale [7].

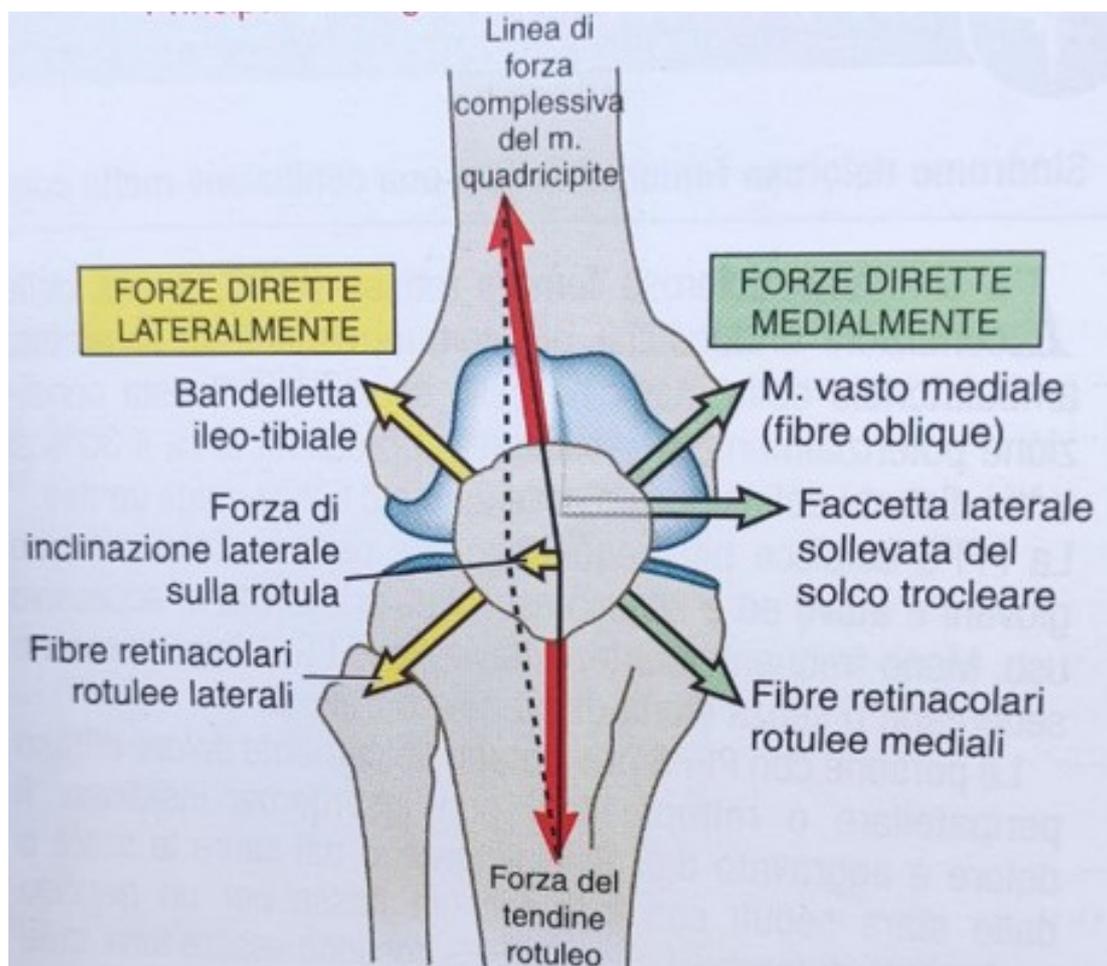


FIGURA 2. Vista anteriore delle forze che agiscono sulla rotula [1]

2. LUSSAZIONE LATERALE DELLA ROTULA

2.1 Definizione

La lussazione della rotula è definita come la perdita di contatto delle superfici articolari tra la rotula e la troclea femorale e nella quasi totalità dei casi è laterale. Alla lussazione, possono essere associate fratture osteocondrali e condrali delle faccette della rotula e/o del condilo femorale o lesioni dei legamenti del compartimento mediale, in particolare del legamento femoro-rotuleo mediale [12, 13]. A lungo termine, le lussazioni rotulee acute possono causare instabilità rotulea, lussazioni ricorrenti, dolore, ridotta funzionalità del ginocchio, diminuzione del livello di attività sportiva, artrosi femoro-rotulea e una diminuzione della qualità della vita [14].

2.2 Epidemiologia

Le lussazioni della rotula rappresentano il 3% di tutte le lesioni al ginocchio [15]. Questa lesione tende a colpire individui giovani e attivi, in particolare, la maggior parte dei pazienti con instabilità rotulea ha un'età compresa tra 10 e 16 anni. L'incidenza della lussazione di rotulea nella popolazione generale è di 5,8 per 100.000 abitanti e di 29 per 100.000 nella fascia di età compresa tra 10 e 17 anni ed è uguale tra i sessi [12, 16]. Molti casi di prima lussazione senza corpi mobili o danni articolari sono trattati in modo conservativo, tuttavia, il tasso di recidiva dopo il trattamento conservativo può arrivare fino al 66% [17, 18]. I pazienti con una storia di due o più lussazioni hanno una probabilità di 6,5 volte maggiore di sperimentare una successiva instabilità [15]. Una precedente lussazione rotulea è associata al più alto rischio di instabilità rotulea persistente con il rischio di incorrere a lussazioni ricorrenti che potrebbero causare fratture osteocondrali, lesione della cartilagine e conseguente artrosi femoro-rotulea [2, 12].

Inoltre, nei pazienti con una nota lesione del legamento femoro-rotuleo mediale (MPFL), confermata alla risonanza magnetica, i tassi di recidiva sono ancora più elevati [17].

2.3 Eziologia

Le lussazioni della rotula acuta generalmente si verificano durante l'attività sportiva a seguito di un trauma. Può verificarsi quando i pazienti sono esposti a forze dirette ad alta energia ma la maggior parte delle lesioni si verifica quando i pazienti sono esposti a forze indirette (93%) [2, 16].

Al momento della lesione, è probabile che la tibia sia in posizione di rotazione esterna, il quadricipite contratto e il ginocchio flesso di circa 20-30 gradi, sia nella fase di estensione che flessione, tuttavia, una lussazione può verificarsi in una flessione più profonda con una forza maggiore o in presenza di un'anomalia anatomica [19]. *Hughston* [20] ipotizza che al momento dell'infortunio il piede sia fissato a terra e l'individuo stia eseguendo un'azione di taglio nella direzione opposta, ciò si traduce in rotazione interna del femore, rotazione esterna della tibia e ginocchio in posizione valga. Il quadricipite si contrae provocando una forza laterale che agisce sulla rotula. Si pensa che ciò si verificasse nella prima parte della flessione del ginocchio [19 - 21]. Le lussazioni rotulee possono verificarsi anche in pazienti con lassità legamentosa congenita, tuttavia, questi pazienti tendono per lo più ad avere sublussazioni ricorrenti della rotula rispetto a una franca lussazione [22].

2.4 Fisiopatologia

Le lussazioni rotulee tendono a manifestarsi in direzione laterale nella quasi totalità dei casi, in parte anche perché, la direzione di trazione del muscolo quadricipite femorale è leggermente laterale rispetto all'asse anatomico dell'arto. L'instabilità rotulea mediale è rara [2]. Anche la lussazione intra-articolare è rara ma può verificarsi a seguito di un trauma in cui la rotula viene avulsa dal tendine del quadricipite e viene quindi ruotata. Nei pazienti anziani possono verificarsi lussazioni superiori in cui l'iperestensione forzata provoca il blocco della rotula su un osteofita femorale anteriore [2].

Con una lussazione rotulea laterale acuta, la rottura parziale o totale del MPFL è rilevabile nel 97% dei casi [18, 22]. Sebbene questo sia la struttura più spesso coinvolta, il trauma può ledere anche le altre strutture del compartimento legamentoso mediale come il legamento collaterale mediale

superficiale e più in profondità il legamento mediale meniscale [23]. Inoltre, si possono verificare, edemi ossei o lesioni osteocondrali sulla superficie articolare della rotula piuttosto che su quella del femore che possono causare corpi liberi intra-articolari [24].

2.5 Fattori di Rischio

La distorsione della normale anatomia dell'articolazione femoro-rotulea pone la rotula a maggior rischio di instabilità e lussazione. I fattori anatomici che predispongono o contribuiscono alla lussazione e all'instabilità rotulea includono: la rotula alta, la displasia trocleare o l'ipoplasia del condilo femorale laterale, l'eccessiva inclinazione laterale della rotula, la lateralizzazione della tuberosità tibiale, il ginocchio valgo, l'angolo di antiversione del femore, la lassità legamentosa generale, l'assenza di integrità e/o corretto funzionamento dei vincoli statici e dinamici dei tessuti molli [22, 25, 26, 27, 28, 29].

Anche i fattori demografici hanno un ruolo importante. L'età e l'immatùrità ossea sono fattori di rischio per le lussazioni ricorrenti, rischio che aumenta con il diminuire dell'età ed arriva ad un valore fino a 11,8 volte maggiore nei minori di 16 anni. Il sesso non sembra essere un fattore così determinante, anche se, in alcuni studi, il sesso femminile è stato associato a un rischio di ridislocazione leggermente aumentato [22, 25, 26, 27, 28, 29].

2.6 Presentazione Clinica e Diagnosi

La lussazione della rotula viene solitamente diagnosticata sulla base dei risultati clinici e anamnestici. I pazienti tipicamente descrivono dolore, cedimento e deformità del ginocchio a seguito di una lesione da torsione senza contatto o di un colpo diretto alla porzione anteriore o mediale del ginocchio [4, 30, 31].

All'esame di una lussazione acuta, il versamento articolare o l'emartro è un reperto tipico, ma è meno probabile nel caso di lussazione ricorrente. Si può osservare una rotula lateralizzata anche se

generalmente si riduce spontaneamente [18], se così non fosse, il processo di riduzione prevede flessione di anca e ginocchio, si esercita una leggera pressione sul polo laterale della rotula in direzione mediale mentre si estende lentamente il ginocchio [32]. Si può palpare il ginocchio e le strutture circostanti, controllando dolorabilità o irregolarità lungo tutti i poli della rotula, in particolare il polo mediale per valutare il legamento MPFL. Se il dolore lo consente, la flessione e l'estensione devono essere valutate, sentendo eventuali crepitio o restrizione del movimento [32]. Alcuni pazienti possono mostrare un segno J positivo, cioè, un'eccessiva deviazione rotulea laterale nella flessione-estensione del ginocchio [22]. Possono inoltre avere un test di apprensione positivo, il ginocchio è tenuto rilassato a 20-30 gradi di flessione e la rotula viene tralata lateralmente. Un test positivo è presente quando c'è apprensione e sensazione di lussazione da parte del paziente [33].

Le radiografie standard del ginocchio e la risonanza magnetica (MRI) sono obbligatorie. Le radiografie standard sono necessarie per valutare la posizione della rotula e valutare fratture o distacchi osteocondrali. La rotula può essere lateralizzata rispetto al lato controlaterale e si possono osservare frammentazioni della rotula mediale, difetti della superficie articolare rotulea o frammenti osteocondrali liberi [2, 22]. La MRI è utile per valutare più precisamente la cartilagine, per mostrare la lesione dell'MPFL e per identificarne la localizzazione [34]. Sia le radiografie che la risonanza magnetica sono infine utili per valutare la presenza di deformità ossee costituzionali dell'articolazione femoro-rotulea che possono contribuire all'instabilità rotulea ricorrente. C'è sicuramente un ruolo per la tomografia computerizzata (TC) per rilevare difetti osteocondrali o avulsioni ossee rotulee quando sospettate su radiografie standard. È inoltre utile per rilevare e misurare i fattori di rischio anatomici che potrebbero contribuire alla lussazione ricorrente o all'instabilità rotulea [2].

Il primo contatto con il paziente dopo l'evento primario è cruciale per il successo del trattamento dell'instabilità femoro-rotulea e l'obiettivo finale di questo trattamento dovrebbe sempre essere quello di prevenire la lussazione ricorrente ed è quindi fondamentale un'analisi approfondita dei fattori di rischio, soprattutto nei pazienti di giovane età [22].

2.7 Trattamento Conservativo

Ad oggi, non vi è consenso sul trattamento della lussazione rotulea primaria, pertanto, il trattamento conservativo viene spesso scelto come approccio iniziale, a meno che, non siano presenti corpi liberi, danni intra-articolari o lesioni gravi del complesso legamentoso pararotuleo [17, 22, 35].

L'approccio conservativo in letteratura non è chiaro [36] e la chirurgia dopo il primo episodio è controversa anche nei pazienti con un alto rischio di recidiva. Dopo la riduzione della lussazione, alcuni autori suggeriscono immobilizzazione, aspirazione del versamento del ginocchio, per ridurre il dolore e consentire un più facile esame clinico e strumentale, e la gestione farmacologica del dolore e dell'infiammazione. Non ci sono comunque prove evidenti che il ginocchio debba essere immobilizzato dopo lussazione rotulea, inoltre, non c'è consenso sul periodo esatto di immobilizzazione, che va generalmente dalle 0 alle 6 settimane, tempo utile per consentire la guarigione del compartimento legamentoso mediale [37]. Non è inoltre chiaro il grado di movimento consentito al ginocchio, di conseguenza, anche l'ortesi può essere di vario tipo come: gesso, stecca o tutore articolato o meno [36]. Alcuni autori suggeriscono un'immobilizzazione completa mentre altri l'utilizzo di un tutore che consente una mobilità parziale del ginocchio, inizialmente da 0 a 30-40 gradi, che va poi aumentata con le settimane. Viene suggerito l'uso dei canadesi e un carico a tolleranza per le prime settimane [38].

2.8 Trattamento Chirurgico

Le circostanze che potrebbero portare all'immediato intervento chirurgico dopo una prima lussazione rotulea includono la presenza di fratture osteocondrali e corpi liberi, un importante danno cartilagineo, la rottura degli stabilizzatori mediali con sublussazione o il completo spostamento della rotula [39]. L'approccio chirurgico è molto vario a seconda dei casi sebbene il ripristino del compartimento legamentoso mediale sia l'approccio di prima scelta [23].

Il legamento MPFL può essere riparato o ricostruito utilizzando diverse tecniche. L'approccio va scelto dopo un attento esame clinico e strumentale che è necessario per decidere il trattamento appropriato, infatti, le lesioni di questo legamento possono seguire diversi modelli e localizzazioni [40].

Il rilascio laterale recide il retinacolo sull'aspetto laterale dell'articolazione del ginocchio. L'obiettivo è migliorare l'allineamento della rotula riducendo la trazione laterale. Non viene eseguita isolatamente, ma generalmente in combinazione con altre procedure di riallineamento come la ricostruzione o riparazione del MPFL [23].

L'approccio chirurgico può anche essere utilizzato dopo il fallimento del trattamento conservativo a causa di fattori anatomici che predispongono alle lussazioni ricorrenti [25, 26]. Diversamente dalla riparazione dei tessuti molli, le procedure ossee generalmente non sono considerate un trattamento di prima linea dopo una lussazione di rotula acuta, sebbene, la correzione di anomalie anatomiche, fattore di rischio per l'instabilità rotulea, possa rendersi necessaria in un secondo momento a causa di lussazioni ricorrenti [41, 42].

2.9 Riabilitazione

La maggior parte degli autori concorda sulla necessità della fisioterapia per recuperare l'intera gamma di movimento (ROM) e per il rafforzamento del muscolo quadricipite femorale per ripristinare la componente dinamica degli stabilizzatori dei tessuti molli rotulei [17, 32]. Può essere inoltre utile il rafforzamento del core, dei muscoli del complesso dell'anca e il miglioramento del controllo neuromotorio. Nessun autore fornisce una descrizione precisa degli esercizi specifici o dei parametri di esercizio [39, 43]. La strategia più comune include esercizi isometrici e isotonici di rafforzamento del quadricipite, squat e affondi. Ad ogni modo, ci sono poche prove a sostegno di un programma di esercizi specifico per prevenire future lussazioni, in ogni caso, l'esercizio terapeutico sembra svolgere un ruolo primario in ogni fase del recupero. La quantità di esercizio dovrebbe aumentare con il tempo

in base alla tolleranza del dolore, e a 4-6 settimane, in genere, il paziente può deambulare con un ROM completo [32, 39]. Il ritorno all'attività sportiva è generalmente consentito dai 3 ai 6 mesi, questo però richiede un'adeguata riabilitazione [44]. Per un inizio graduale di un programma di corsa o di altre attività dinamiche ad alto impatto, sarà fondamentale innanzitutto aver acquisito un adeguato recupero della forza del quadricipite femorale, che non dovrebbe essere inferiore all'80% rispetto all'arto controlaterale, e un appropriato controllo motorio nelle attività di minore impegno come il cammino. Inoltre, in questa fase dovrebbero essere inclusi esercizi pliometrici, cambi di direzione, esercizi di agilità e condizionamento sport specifico [45 - 47].

2.10 Prognosi

I risultati clinici e funzionali e il tasso di recidiva dopo il trattamento conservativo e chirurgico delle prime lussazioni rotulee sono variabili [39]. Il trattamento chirurgico della lussazione rotulea acuta primaria porta a un tasso di ridislocazione inferiore rispetto al trattamento conservativo. Nella revisione sistematica di *Longo et al* il tasso di ridislocazione è stato del 36,4% nel gruppo conservativo e del 25% nel gruppo chirurgico [48]. Questi risultati concordano con studi precedenti che riportavano un tasso di ridislocazione dal 13% al 52% dopo trattamento conservativo e un tasso di ridislocazione dal 10% al 30% dopo procedure chirurgiche [2, 49].

Il successo di un trattamento per la lussazione rotulea primaria richiede indagini che vanno oltre l'incidenza delle lussazioni ricorrenti, poiché i pazienti possono manifestare sintomi residui di instabilità o dolore che limitano la loro qualità di vita e il ritorno allo sport, anche in assenza di altre lussazioni [22, 50]. Nel medio-breve termine, i pazienti sottoposti a trattamento chirurgico riportano misure di esito clinico migliori rispetto ai pazienti trattati in modo conservativo. Tuttavia, nel lungo termine, i risultati dei pazienti trattati in modo conservativo sono stati paragonabili a quelli dei pazienti chirurgici [48].

3. SCOPO DELLO STUDIO

L'obiettivo di questa tesi è quello di indagare il ruolo del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio negli individui che hanno subito una lussazione di rotula primaria o ricorrente, trattati in modo chirurgico o conservativo, attraverso una revisione sistematica della letteratura. I valori della forza di estensione del ginocchio saranno quantificati in modo oggettivo attraverso l'utilizzo di dinamometro portatile o isocinetico, e saranno confrontati con i valori di ginocchia sane, questo per comprendere se sono presenti deficit di forza dell'apparato estensore, nei soggetti che hanno subito questo tipo di lesione.

4. MATERIALI E METODI

4.1 Strategie di Ricerca

La presente revisione sistematica è stata condotta utilizzando le linee guida "*Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses*" (PRISMA 2020) [51], utilizzate per monitorare tutti i passaggi della ricerca.

È stata condotta una ricerca esaustiva della letteratura elettronica e sono stati utilizzati i seguenti database: *Scopus* [52], *ISI/Web of Science (WoS)* [53] e *PubMed/MEDLINE* [54], consultati tra maggio e giugno 2023.

La ricerca è stata poi impostata analogamente per tutte le banche dati elettriche utilizzando una stringa di parole chiavi, abbinate ai rispettivi operatori booleani, relative alla lussazione di rotula e alla forza degli arti inferiori. La stringa di ricerca utilizzata è la seguente: patellar dislocation AND [(muscle strength) OR (dynamometer) OR (isokinetic) OR (muscle weakness) OR (isometric) OR (isotonic) OR (eccentric) OR (concentric) OR (strength) OR (torque) OR (power) OR (force)].

Sono stati inseriti dei filtri riguardanti la data di pubblicazione degli studi considerando il periodo tra il 1° gennaio 2003 e il 31 dicembre 2022.

4.2 Criteri di Eleggibilità

È stato utilizzato un periodo di 20 anni e sono stati inclusi nella ricerca solamente articoli scritti in lingua inglese e registrati come *Original Articles*. Sono stati selezionati esclusivamente studi clinici randomizzati, studi di coorte, studi caso-controllo e serie di casi, qualora rispettassero i seguenti criteri PICOS:

1. **POPOLAZIONE:** persone con lussazione di rotula primaria o ricorrente, traumatica o atraumatica, di sesso maschile o femminile con età superiore ai 14 anni.
2. **INTERVENTO:** applicazione di un trattamento chirurgico per la stabilizzazione di rotula, intervento conservativo con rinforzo muscolare o nessun intervento.
3. **CONTROLLI:** sono stati selezionati studi in cui era presente una misurazione prima e dopo l'intervento, in cui vi fosse un gruppo di controllo omogeneo a quello che svolgeva l'intervento che poteva essere dato da soggetti sani o dal confronto con l'arto controlaterale sano dello stesso soggetto o in cui ci fosse un confronto fra due diversi tipi di interventi.
4. **OUTCOME:** sono stati inclusi gli studi che fornivano come outcome una misurazione della forza di estensione del ginocchio e quindi del muscolo quadricipite femorale oggettivamente quantificabile con dinamometro isocinetico o portatile.

4.3 Criteri di Esclusione

Sono stati esclusi tutti gli articoli che analizzassero popolazioni di età inferiore ai 14 anni. Sono stati esclusi partecipanti con dolore anteriore al ginocchio, dolore femoro-rotuleo o altre patologie del ginocchio differenti o in combinazione alla lussazione di rotula. Sono stati esclusi partecipanti senza precedente lussazione rotulea. Sono stati esclusi gli studi dove la misurazione della forza non fosse quantificata oggettivamente con misurazioni strumentali o dove i dati non fossero numerici o non fossero reperibili.

Sono stati esclusi gli articoli antecedenti gli ultimi 20 anni. Non sono stati impostate restrizioni sul periodo di tempo delle valutazioni della forza al follow-up.

Sono stati esclusi articoli che non fossero scritti in lingua inglese.

Sono stati inoltre esclusi case report, interviste, capitoli di libri, rilascio di opinioni, singoli commentari, revisioni narrative, revisioni sistematiche e meta-analisi, articoli pubblicati o articoli in cui non fosse disponibile il full-text.

4.4 Modalità di Selezione degli Studi

Questa procedura si è basata sulle linee guida PRIMA 2020 [51] che consiste nell'identificare e valutare gli studi adatti alla revisione. Una volta rimossi i duplicati della ricerca iniziale dei rispettivi databases, sono stati esaminati tutti i titoli, escludendo quelli che trattavano una popolazione diversa dai pazienti con lussazione di rotula, che analizzavano altri tipi di lesione o che non misurassero oggettivamente la forza degli arti inferiori. Nei casi in cui non è stato sufficiente il titolo o l'abstract per escludere l'articolo si è proceduto a recuperare e leggere il testo completo.

Esclusi i titoli non includibili nello studio, sono stati esaminati gli abstract restanti, seguendo i criteri di esclusione sopra citati. Infine, sono stati approfonditi singolarmente i full texts, e sono stati selezionati solamente gli articoli che rispettavano i criteri di inclusione.

4.5 Misure di Outcome

In questa revisione sono stati inclusi gli studi che fornivano come outcome una misurazione della forza di estensione del ginocchio e quindi del muscolo quadricipite femorale oggettivamente quantificabile con dinamometro isocinetico o portatile. Sono stati adottati diversi angoli di flessione del ginocchio per quanto riguarda le misurazioni eseguite attraverso l'uso del dinamometro portatile e varie velocità angolari per quanto invece riguarda le misurazioni eseguite con il dinamometro isocinetico, di conseguenza, anche le unità di misura saranno differenti.

4.6 Strategie di Analisi della Qualità degli Studi

Data l'eterogeneità degli studi, sia in termini di disegno dello studio che di metodologia adottata, è stata utilizzata la scala di valutazione sviluppata da Von Elm per valutare criticamente la qualità degli studi selezionati e inclusi nella presente revisione sistematica. Questa scala prevede una checklist composta da 22 elementi, documento STROBE [55], riguardanti il titolo, il sommario, l'introduzione, le sezioni dei metodi, i risultati e la discussione degli articoli. Dei 22 item presenti, 18 voci sono comuni ai tre disegni di studio (studi di coorte, caso-controllo e trasversali), mentre quattro (gli elementi 6, 12, 14 e 15) sono specifici per i diversi disegni. È stato attribuito a ciascun item 1 punto se lo studio soddisfaceva pienamente i criteri e, in caso contrario, 0 punti.

4.7 Estrazione dei Dati

Dagli studi inclusi nella presente revisione sono stati estratti e inseriti in un file Excel tutti i dati rilevanti degli studi che comprendevano: autore, data di pubblicazione, design dello studio, gruppo, numero di pazienti inclusi, sesso, età, pazienti persi nei follow-up, follow-up, tipo di dinamometro utilizzato e tutte le varie misure di outcome riguardanti la forza del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio.

4.8 Analisi Statistica e Meta-analisi

La metanalisi dei dati è stata realizzata grazie al software Prometa3 (realizzato da Internovi, 2015). Sono stati inclusi gli studi in cui veniva fornito una misurazione di confronto, o pre-operatoria, grazie alla forza dell'arto controlaterale, o tramite controllo. Nelle analisi è sempre stato tenuto conto della grandezza del campione (sample size) e dell'intervallo fiduciario o di confidenza (CI=95%). Sono state utilizzate le medie con rispettive deviazioni standard, ad eccezione di quando l'autore forniva una mediana con range interquartili. In quest'ultimo caso la mediana con IQR è stata convertita in

media con SD, applicando la trasformazione secondo Hozo [66]. Per la meta-analisi è stato disposto il Forrest Plot, in cui è stato calcolato l'*effect size* relativo alle misurazioni con dinamometro isocinetico e l'*effect size* relativo alle misurazioni con dinamometro portatile.

L'*effect size* è stato generato per ognuno degli studi inclusi nella meta-analisi, e poi è stato definito l'overall per ognuno dei due gruppi.

I risultati sono stati considerati statisticamente significativi con *valore* $p < 0.05$.

5. RISULTATI

5.1 Selezione degli Studi

Dalla ricerca iniziale sono stati trovati 855 studi, dei quali 322 da *Scopus* [52], 275 da *ISI/Web of Science* [53] e 258 da *Pubmed* [54]. Tra questi sono stati eliminati 269 articoli duplicati, per un totale di 586 articoli rimanenti. Sono stati esclusi 439 articoli poiché fuori tema, 106 articoli poiché erano revisioni sistematiche, revisioni narrative, case report, ecc, infine, sono stati esclusi 17 articoli poiché non scritti in lingua inglese. Dal primo screening sono rimasti 24 articoli eleggibili da poter analizzare, tra cui 1 non reperibile. Dei 23 studi rimanenti, 4 analizzavano misure di outcome differenti rispetto alla forza del quadricipite femorale, 7 includevano soggetti con età inferiore ai 14 anni e 2 non presentavano dati numerici ma soltanto grafici, non soddisfacendo i criteri di eleggibilità, questi studi sono stati esclusi. In conclusione, nella presente revisione sono stati inclusi 10 studi [56 - 65] (figura 3).

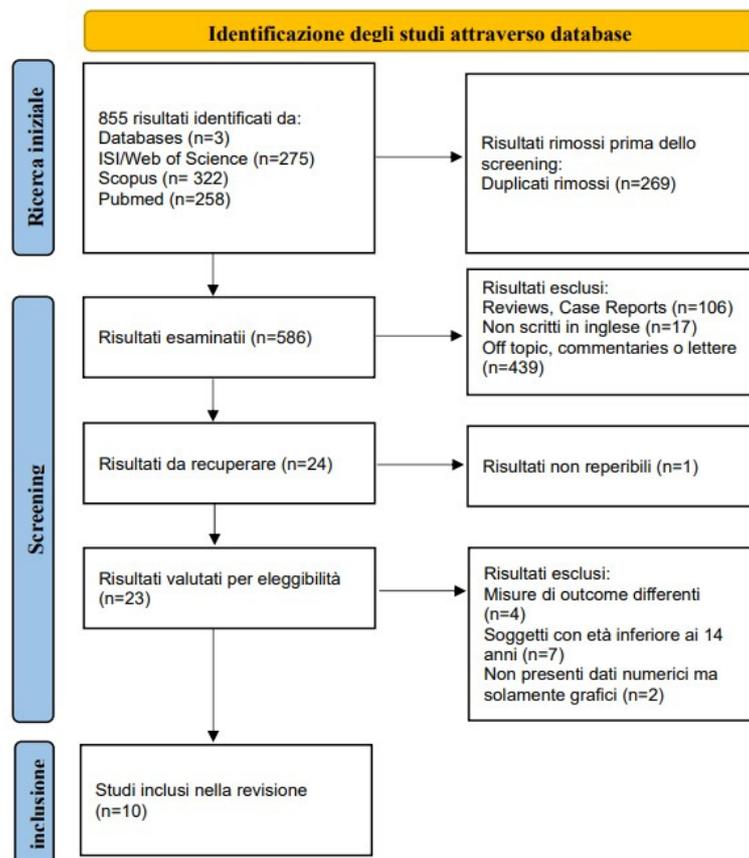


FIGURA 3. Flowchart. Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) [51]

5.2 Popolazione

I 10 studi [56 - 65] inclusi nella revisione hanno riportato un totale di 348 pazienti (**tabella 1**), di cui 147 maschi (42.24%) e 201 donne (57.76%). L'età media dei pazienti al momento dell'intervento è stata di 24.28 anni.

TABELLA 1. Caratteristiche degli Studi [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65]

AUTORE (anno di pubblicazione)	TIPO DI STUDIO	GRUPPI	n (M/F)	ETA' (SD)
Mikashima et al (2004)	STUDIO RETROSPETTIVO	E. INTERVENTO 1	20 (5/15)	26.4 (9.7)
		M. INTERVENTO 2	20 (6/14)	26.0 (10.0)
Woods GW et al (2006)	SERIE DI CASI (prospettico di coorte)	INTERVENTO	24 (7/17)	28.2
		CONFRONTO		
Ronga et al (2009)	SERIE DI CASI (prospettico di coorte)	INTERVENTO	28 (21/7)	32.5 (11.4)
		CONFRONTO		
Smith TO et al (2014)	STUDIO OSSERVAZIONALE	INTERVENTO	30 (16/14)	23.1 (6.4)
Tompkins et al (2014)	STUDIO RETROSPETTIVO	INTERVENTO 1	25 (14/11)	20.1
		CONFRONTO		
		INTERVENTO 2	8 (4/4)	19.8
Smith & Chester et al (2015)	STUDIO CONTROLLATO RANDOMIZZATO	INTERVENTO	25 (14/11)	23.9 (7.5)
		CONTROLLO	25 (14/11)	23.0 (6.9)
Asaeda et al (2016)	STUDIO CASO- CONTROLLO	INTERVENTO	11 (3/8)	21.2 (7.6)
Arrebola et al (2019)	STUDIO TRASVERSALE	INTERVENTO	44 (14/30)	22 (8)
		CONTROLLO	44 (11/33)	21 (5)
Keilani et al (2019)	STUDIO PILOTA RETROSPETTIVO	INTERVENTO 1	6 (6/0)	33 (18-38)
		INTERVENTO 2	6 (6/0)	26 (19-32)
Lucas et al (2020)	STUDIO TRASVERSALE	INTERVENTO	16 (3/13)	21.1 (4.2)
		CONTROLLO	16 (3/13)	21.1 (3.9)
TOTALE			348 (147/201)	

N/D=non determinato

5.3 Analisi della Qualità

Nell'analisi della qualità (**tabella 2**) gli studi hanno raggiunto un punteggio medio di 18.6/22, con valori compresi tra 12 e 21. Lo studio con un punteggio minore è stato quello di *Mikashima et al* [56] con 12/22, seguito poi da *Ronga et al* [58] e *Lucas et al* [65] con 18/22 punti. Gli studi di *Woods GW et al* [57], *Tompkins et al* [60] e *Asaeda et al* [62] hanno ottenuto un punteggio di 19/22 seguiti da *Smith TO et al* [59], *Arrebola et al* [63] e *Keilani et al* [64] con 20/22. Infine, il punteggio di qualità più alto è stato raggiunto da *Smith & Chester et al* [61] con 21/22.

TABELLA 2. Analisi della Qualità [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65]

ITEM	Mikashima et al	Woods GW et al	Ronga et al	Smith TO et al	Tompkins et al	Smith & Chester et al	Asaeda et al	Arrebola et al	Keilani et al	Lucas et al
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
7.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
11.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18.	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
19.	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
20.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22.	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
TOTALE	12/22	19/22	18/22	20/22	19/22	21/22	19/22	20/22	20/22	18/22

5.4 Tipologia di Intervento e Follow-up

Nella seguente tabella (**tabella 3**) sono indicati i gruppi e i vari interventi eseguiti nei diversi studi, interventi che possono essere di tipo chirurgico [56, 57, 58, 59, 60, 62, 64], conservativo [61] o nessun intervento [63, 65]. In alcuni studi, è stato fatto un confronto con l'arto controlaterale sano dello stesso

soggetto [57, 58, 60], mentre in altri, è stato fatto un controllo con pazienti sani [61, 63, 65] o sono stati confrontati due diversi tipi di intervento [56, 64], oppure, un confronto con i valori pre-operatori [59, 62]. Inoltre, sono indicati il numero di pazienti presenti al follow-up e la durata del follow-up in mesi.

TABELLA 3. Tipologia di Intervento e Follow-up [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65]

AUTORE (anno di pubblicazione)	GRUPPI	TIPO DI INTERVENTO	n (M/F)	N PAZIENTI AL FOLLOW- UP	FOLLOW-UP
Mikashima et al (2004)	INTERVENTO 1	PROCEDURA ELMSLIE- TRILLAT	20 (5/15)	20	41 (8.7) MESI
	INTERVENTO 2	PROCEDURA ELMSLIE- TRILLAT + RICOSTRUZIONE MPFL	20 (6/14)	20	31.7 (10.5) MESI
Woods GW et al (2006)	INTERVENTO	RILASCIO ATROSCOPICO DEL RETINACOLIO LATERALE	24 (7/17)	20	27 (24-43) MESI
	CONFRONTO				
Ronga et al (2009)	INTERVENTO	RICOSTRUZIONE MPFL	28 (21/7)	24	37.2 (30-48) MESI
	CONFRONTO				
Smith TO et al (2014)	INTERVENTO	RICOSTRUZIONE MPFL	30 (16/14)	30	PRE-OPERATORIO
				27	1.5 MESI
				21	3 MESI
				21	12 MESI
Tompkins et al (2014)	INTERVENTO 1	RICOSTRUZIONE MPFL	25 (14/11)	14	43 (19.9) MESI
	CONFRONTO				
	INTERVENTO 2	RIPARAZIONE MPFL	8 (4/4)	9	29.2 (15.9) MESI
	CONFRONTO				
Smith & Chester et al (2015)	INTERVENTO	RINFORZO DEL VMO	25 (14/11)	16	1.5 MESI
				10	6 MESI
				10	12 MESI
	CONTROLLO	RINFORZO GENERALE DEL QUADRICIPITE FEMORALE	25 (14/11)	21	1.5 MESI
				15	6 MESI
				14	12 MESI
Asaeda et al (2016)	INTERVENTO	RICOSTRUZIONE MPFL	11 (3/8)	11	PRE-OPERATORIO
				10	3 MESI
				9	6 MESI

				11	12 MESI
Arrebola et al (2019)	INTERVENTO	NESSUN INTERVENTO	44 (14/30)	44	N/D
	CONTROLLO		44 (11/33)	44	N/D
Keilani et al (2019)	INTERVENTO 1	RICOSTRUZIONE MPFL	6 (6/0)	6	N/D
	INTERVENTO 2	PROCEDURA ELMSLIE-TRILLAT	6 (6/0)	6	N/D
Lucas et al (2020)	INTERVENTO	NESSUN INTERVENTO	16 (3/13)	16	N/D
	CONTROLLO		16 (3/13)	16	N/D
TOTALE			348 (147/201)		

N/D=non determinato

5.5 Misure di Outcome

Nei vari studi inclusi nella revisione sono state analizzate misure di outcome che valutavano la forza di estensione del ginocchio e quindi del muscolo quadricipite femorale (**tabella 4**). Per far ciò, a seconda degli studi, sono stati utilizzati due diversi tipi di dinamometro: isocinetico [57, 58, 64] o portatile [56, 59, 60, 61, 62, 63, 65]. Le misure di outcome sono state eseguite a diversi gradi di flessione del ginocchio per quanto riguarda il dinamometro portatile, mentre, sono state utilizzate varie velocità angolari per quanto riguarda il dinamometro isocinetico. Di conseguenza, anche le unità di misura sono eterogenee.

TABELLA 4. Misure di Outcome [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65]

AUTORE (anno di pubblicazione)	TIPO DI DINAMOMETRO	MISURE DI OUTCOME
Mikashima et al (2004)	PORTATILE	FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO AFFETTO/NON AFFETTO (% arto influenzato/non influenzato)
Woods GW et al (2006)	ISOCINETICO	MOMENTO DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO 90°/s [N*m]
Ronga et al (2009)	ISOCINETICO	COPPIA MASSIMA MEDIA ESTENSIONE DEL GINOCCHIO A 60°/s [N*m]
Smith TO et al (2014)	PORTATILE	FORZA DI ESTENSIONE ISOMETRICA DEL GINOCCHIO A 0° [N]
		FORZA DI ESTENSIONE ISOMETRICA DEL GINOCCHIO A 40° [N]
		FORZA DI ESTENSIONE ISOMETRICA DEL GINOCCHIO A 80° [N]

Tompkins et al (2014)	PORTATILE	COPPIA MEDIA ESTENSIONE ISOMETRICA DEL GINOCCHIO A 30° [Nm/kg] COPPIA MEDIA ESTENSIONE DEL GINOCCHIO A 60° [Nm/kg]
Smith & Chester et al (2015)	PORTATILE	FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO A 30° [N] FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO A 60° [N] FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO A 90° [N]
Asaeda et al (2016)	PORTATILE	FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO AFFETTO/NON AFFETTO (% arto influenzato/non influenzato)
Arrebola et al (2019)	PORTATILE	FORZA DEL QUADRICIPITE [kgf/kg*3*100]
Keilani et al (2019)	ISOCINETICO	COPPIA DI PICCO A 60°/s ESTENSIONE DEL GINOCCHIO NORMALIZZATO AL PESO CORPOREO DEL PARTECIPANTE [Nm/kg]
Lucas et al (2020)	PORTATILE	FORZA DI ESTENSIONE DEL GINOCCHIO [Nm/kg]

5.6 Analisi Statistica e Meta-analisi

Nella presente revisione sistematica è stata eseguita la meta-analisi dei dati per 8 studi su 10. Le misure di outcome analizzate riguardano la forza del quadricipite femorale quantificata oggettivamente con dinamometro isocinetico o portatile per verificare l'effetto di un intervento rispetto ad un campione di controllo o all'arto controlaterale non affetto. Gli effetti degli interventi hanno avuto un impatto significativo per quanto riguarda lo studio di *Ronga et al* [58] con *effect size* (ES) di 1.32 dove veniva effettuato un intervento chirurgico di ricostruzione del MPFL e confrontato con l'arto controlaterale, nello studio di *Smith TO et al* [59] con ES di 1.02 dove veniva eseguito un intervento chirurgico di ricostruzione del MPFL e confrontato con il follow-up pre-operatorio e infine nello studio di *Woods GW et al* [57] con ES di 0.79 dove veniva eseguito un rilascio artroscopico del retinacolo laterale confrontato con l'arto controlaterale, questi tre studi hanno un valore di significatività pari a 0.000. *Tompkins et al* [60] hanno eseguito due interventi, nel primo veniva eseguita una ricostruzione del MPFL confrontata con l'arto controlaterale dove ha ricevuto un ES di 0.12, nel secondo veniva eseguita una riparazione del MPFL e un confronto con l'arto controlaterale dove ha ricevuto un ES di 0.10, entrambe gli interventi con un impatto non significativo e valore di

significatività rispettivamente di 0.486 e 0.672. *Smith & Chester et al* [61] hanno eseguito come intervento il rinforzo del vasto mediale obliquo confrontato con un gruppo di controllo che hanno eseguito un rinforzo generale del quadricipite ricevendo un valore ES 0.02 e un valore di significatività dello 0.946. Nello studio di *Asaeda et al* [62] è stato eseguito un intervento chirurgico di ricostruzione del MPFL confrontato con il follow-up pre-operatorio ed è stato ricevuto un punteggio ES di -0.84 con valore *p* di 0.149. Gli studi di *Lucas et al* [65] e *Arrebola et al* [63] non hanno eseguito nessun intervento in questi pazienti e sono stati confrontati con l'arto di controllo di una persona sana. *Lucas et al* [65] ha ricevuto come ES -1.59 e *Arrebola et al* [63] ha ricevuto il punteggio più basso di *effect size* degli studi esaminati con un punteggio di -2.36, entrambi con valori di significatività pari a 0.000. Infine, gli studi di *Mikashima et al* [56] e di *Keilani et al* [64] non sono stati inclusi nella meta-analisi in quanto non presentavano un gruppo di controllo ma venivano eseguiti due interventi.

Nella seguente tabella (**tabella 5**) sono riportati i valori numerici della meta-analisi.

TABELLA 5. Meta-analisi [57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 65]

AUTORE (anno di pubblicazione)	EFFECT SIZE (ES)	CI 95%	W	valore <i>p</i>
Woods GW et al (2006)	0.79	0.44 / 1.15	11.57%	0.000
Ronga et al (2009)	1.32	0.88 / -1.75	11.50%	0.000
Smith TO et al (2014)	1.02	0.68 / 1.36	11.69%	0.000
Tompkins et al (2014) A	0.12	-0.22 / 0.47	11.68%	0.486
Tompkins et al (2014) B	0.10	-0.36 / 0.56	11.44%	0.672
Smith & Chester et al (2015)	0.02	-0.57 / 0.61	11.11%	0.946
Asaeda et al (2016)	-0.84	- 1.98 / 0.30	9.21%	0.149
Arrebola et al (2019)	-2.36	- 2.90 / - 1.82	11.23%	0.000
Lucas et al (2020)	-1.59	-2.38 / -0.79	10.46%	0.000
OVERALL (random-effects model)	-0.12	-0.83 / 0.60	100.00%	0.749

Nella figura seguente (**figura 4**) si può notare come aumenti l'*effect size* con l'aumento dell'età dei partecipanti.

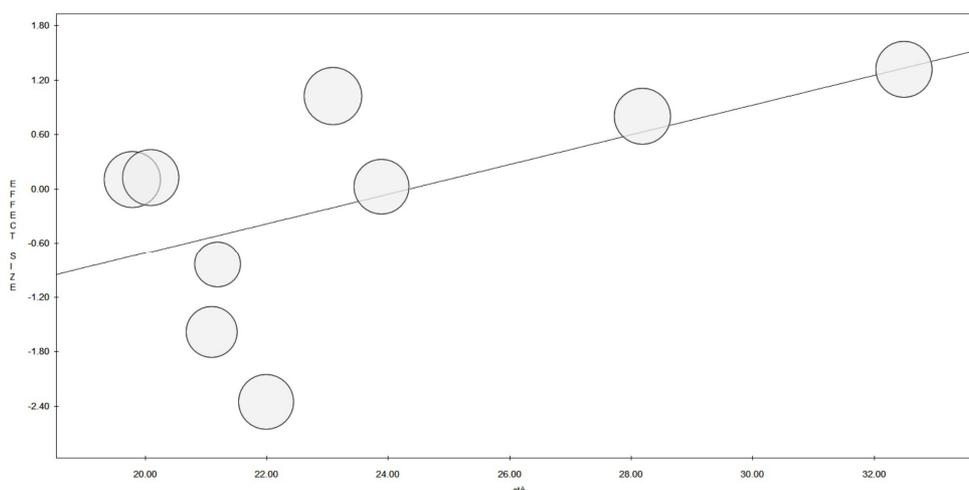


FIGURA 4. Grafico Effect size / Età

6. DISCUSSIONE

La presente revisione sistematica della letteratura mira a valutare la forza del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio, quantificata in modo oggettivo attraverso l'uso di dinamometro portatile o isocinetico, negli individui che hanno subito una lussazione di rotula primaria o ricorrente e sono stati trattati in modo chirurgico o conservativo.

Il trattamento della lussazione di rotula può essere conservativo o chirurgico a seconda dei casi, ma il recupero, dopo entrambi gli approcci, è spesso incompleto [17] causando, a lungo termine, instabilità rotulea, lussazioni ricorrenti, dolore, ridotta funzionalità del ginocchio, diminuzione del livello di attività sportiva, artrosi femoro-rotulea e una diminuzione della qualità della vita [14, 17].

Dalla presente revisione sistematica si nota infatti come nell'*effect size overall*, e nei diversi studi, sia sempre stato riscontrato un deficit rispetto all'arto controlaterale, rispetto ai livelli pre-operatori, o rispetto a valori riscontrati su gruppi controllo che non sono stati sottoposti a chirurgia, o comunque che non hanno subito una lussazione a carico della rotula.

L'età media dei partecipanti era di 24.3 anni e si può quindi considerare questa popolazione di giovane età come supportato dai dati epidemiologici [12 - 16]. I follow-up variavano molto nei diversi studi prendendo in considerazione valori pre-operatori, valori rilevati qualche mese dopo l'intervento fino ad arrivare a tempistiche oltre i tre anni.

Nello studio di *Arrebola et al* [63] e in quello di *Lucas et al* [65] non sono stati eseguiti interventi chirurgici o riabilitativi agli individui presi in esame ma sono stati considerati, in quanto pazienti che avevano subito almeno una lussazione della rotula, per fare un paragone della forza dei loro arti con quella di controlli sani. I loro rispettivi valori di *effect size* sono -2.36 e -1.59, da cui si comprova che sono statisticamente significativi. Di conseguenza il valore della forza dei controlli è maggiore rispetto a quella dei pazienti che hanno subito la lesione. In *Arrebola et al* [63] viene infatti dimostrato un deficit nella forza di estensione del ginocchio del 43,7% e in *Lucas et al* [65] del 39,1 %.

Negli studi di *Ronga et al* [58], di *Smith TO et al* [59], di *Tompkins et al* [60] e *Asaeda et al* [62] sono stati eseguiti interventi di riparazione del legamento femoro-rotuleo mediale (MPFL).

Nel primo caso [58] la percentuale di deficit della forza di estensione del muscolo quadricipite femorale è del 33,9% con una velocità angolare di 60°/s, e di 37,3% con una velocità angolare di 120°/s; entrambi i valori sono stati misurati con dinamometro isocinetico dopo circa 3 anni dal follow-up.

A fronte di questi deficit, e nonostante in letteratura non siano presenti linee guida rispetto all'approccio riabilitativo ottimale da adottare [39], la maggior parte degli autori concorda sull'importanza di promuovere il rafforzamento degli arti inferiori, in particolare del muscolo quadricipite femorale, per ripristinare la componente dinamica degli stabilizzatori dell'articolazione del ginocchio [30, 67], ma pare evidente dai risultati di questa meta-analisi che ciò non basti, per la durata di follow-up anche a lungo termine, come 3 anni, per raggiungere dei valori di forza paragonabili alla popolazione sana, priva di lussazione o a livelli di forza dell'arto controlaterale non affetto. Negli studi di *Smith TO et al* [59] e *Asaeda et al* [62] infatti è stato fatto un confronto con il valore pre-operatorio. Per quanto riguarda la prima analisi c'è stato un miglioramento statisticamente

significativo della forza - come si evince nella **tabella 5**. Nel secondo caso, invece, la forza non ha raggiunto i valori pre-operatori ma questo dato non è statisticamente significativo e, se viene calcolato il deficit di forza percentuale, questi pazienti al follow-up di 12 mesi, presentano una differenza del 35,1%.

Alcuni autori si sono chiesti se vi fosse una possibile differenza durante l'approccio terapeutico, nel tentativo di rinforzare in maniera selettiva il Vasto Mediale Obliquo, importante stabilizzatore mediale dell'articolazione femoro-rotulea secondo alcuni autori [4], confrontandolo con il rinforzo generale del muscolo quadricipite femorale. Secondo lo studio di *Smith & Chester et al* [61] il valore *effect size* è di 0.02: di conseguenza si evince che non c'è un intervento statisticamente significativo superiore all'altro per favorire o accelerare il recupero nella forza di estensione del ginocchio.

Di conseguenza, in alcuni studi è stato proposto di affiancare al rinforzo del quadricipite il rafforzamento del core, dei muscoli del complesso dell'anca e il miglioramento del controllo neuromotorio. L'adeguata forza di questi muscoli è considerata importante per un ritorno sicuro allo sport [47] poiché durante le attività dinamiche, questi muscoli assorbono i momenti esterni a carico di anca e ginocchio contraendosi eccentricamente. Durante l'atterraggio monopodalico, la ridotta forza dei muscoli del complesso dell'anca è stata associata ad un aumento del valgo del ginocchio nelle donne sane [68], mentre, una ridotta forza del muscolo quadricipite femorale è stata associata ad una minore flessione del ginocchio in pazienti che hanno subito una ricostruzione del legamento crociato anteriore [69].

Poiché questi schemi di movimento, in particolare l'atteggiamento del ginocchio in valgo e la rotazione interna dell'anca, sono implicati nel meccanismo di lesione della lussazione della rotula [19 - 20], ripristinare la forza degli arti inferiori potrebbe migliorare la stabilità dell'articolazione del ginocchio e ridurre il rischio di incorrere in nuove lesioni. Inoltre, una maggior forza del muscolo quadricipite femorale è utile per proteggere l'articolazione femoro-rotulea dal deterioramento della cartilagine [70], dettaglio importante in quanto i pazienti che subiscono questo tipo di lesione hanno un maggior rischio di incorrere in artrosi femoro-rotulea [71].

In letteratura sono presenti solamente due revisioni sistematiche [72, 73] che hanno indagato la forza degli arti inferiori nei pazienti che hanno subito almeno una lussazione di rotula trovando prove che confermano quanto trovato in questa revisione, ovvero la frequente presenza di un recupero incompleto e quindi un deficit di forza di estensione del ginocchio.

Nella revisione di *Smith et al* [72] che valuta la forza di estensione del ginocchio, sono presenti dei limiti in quanto sono stati esclusi studi con pazienti trattati chirurgicamente e sono stati inclusi studi che misuravano la forza utilizzando test manuali che sono inappropriati per rilevare i deficit di forza, in quanto poco oggettivabili [74].

Per quanto riguarda le differenze tra le tecniche operatorie, invece, in *Tompkins et al* [60] sono stati indagati sia la riparazione che la ricostruzione del MPFL con risultati in leggero favore per quanto riguarda il primo intervento, con un ES di 0.12 contro 0.10; questi dati, tuttavia, non sono statisticamente significativi poiché $p > 0,05$.

Lo studio di *Woods Gw et al* [57] ha analizzato il rilascio artroscopico del retinacolo laterale e i dati numerici di questi pazienti, considerando una media di 27 mesi dall'intervento, presentano un deficit di forza del muscolo quadricipite femorale del 20, 2%.

La revisione sistematica di *Forde et al* [73] indaga la forza degli arti inferiori nei pazienti che hanno subito almeno una lussazione di rotula e sono stati trattati chirurgicamente o non chirurgicamente. Questo studio afferma che dopo la lussazione della rotula si osservano frequentemente deficit di forza dell'apparato estensore del ginocchio interessato, che possono persistere a lungo termine; tuttavia, la certezza di questo risultato è limitata in quanto, le caratteristiche cliniche, metodologiche e la qualità degli studi inclusi era molto variabile. Questo studio ha, inoltre, indagato la forza dei muscoli del complesso dell'anca e dei flessori del ginocchio che non appaiono deficitari in questi pazienti, tuttavia, anche questi dati presentano dei limiti. Vi è quindi un conflitto di opinioni a riguardo, che mette in dubbio la necessità di lavorare su aspetti che vadano oltre l'isolato rinforzo del quadricipite; ciononostante, dai risultati riscontrati, emerge comunque un deficit frequente e comune, nel recupero post-intervento e post-lussazione di rotula, che richiede un inquadramento che prenda in

considerazione ulteriori aspetti, nell'approccio riabilitativo. Per avere però un metro riabilitativo più preciso, inquadrato all'interno di possibili linee guida, è richiesto uno sforzo nei futuri studi, a sperimentare diversi approcci nel trattamento di questa patologia, e con campioni più ampi. Ulteriore elemento da considerare è la misurazione, che deve riprendere outcome più standardizzati, che permettano di confrontare un quantitativo di dati maggiore, per avere valori più solidi e statisticamente significativi, e dev'essere fatta utilizzando strumentazioni che abbiano una miglior attendibilità, e che consentano di effettuare re-test intra o inter-esaminatore con la massima precisione possibile.

Se si volesse ipotizzare e discutere sul ritorno allo sport in seguito a questa patologia muscolo-scheletrica, emerge anche qui un forte gap della letteratura, e poiché non vi sono dati solidi sul trattamento chirurgico e riabilitativo, diventa ancora più difficile definire dei cut-off per riprendere l'attività sportiva. Ciò che si trova è che, nella popolazione di atleti [75, 76] e negli adulti sani [77], le differenze di forza tra gli arti nell'estensione e nella flessione del ginocchio sono normalmente inferiori al 10%. Tenuto in considerazione tale dato, la simmetria della forza raccomandata per il ritorno allo sport dovrebbe essere di valori superiori all'85-90% [47]. Dalle poche e recenti review che indagano sul ritorno al gioco dei pazienti che hanno subito questo tipo di lesione, le indicazioni sono però molto varie e non sono state definite linee guida, tuttavia, la maggior parte degli studi dà indicazioni temporali e non basate su criteri oggettivi come possono essere la misurazione della forza o test funzionali [50, 78].

I criteri di ritorno allo sport basati sul tempo potrebbero essere inappropriati dopo la lussazione rotulea e la valutazione oggettiva della forza degli arti inferiori, in particolare del muscolo quadricipite femorale, dovrebbe essere presa in considerazione durante la riabilitazione per portare questi pazienti ad avere un indice di simmetria degli arti (LSI) il più elevato possibile, un miglioramento della qualità della vita e un ritorno più sicuro nello sport [47].

Sebbene in letteratura non siano presenti studi che indaghino l'effetto del miglioramento della forza degli arti inferiori nei pazienti che hanno subito una lussazione di rotula, si può supporre che questo

possa avere effetti positivi come avviene in altre patologie del ginocchio come nell'artrosi o nella lesione del crociato anteriore [79, 80].

Sono necessari ulteriori studi e trial clinici randomizzati per comprendere meglio la riabilitazione ottimale, l'effetto del miglioramento della forza degli arti inferiori e il ritorno allo sport nei pazienti che hanno subito una lussazione di rotula.

6.1 Limiti e Punti di Forza dello Studio

Nella letteratura attuale sono presenti alcuni limiti in quanto le caratteristiche cliniche e metodologiche, le procedure di test di resistenza e degli strumenti utilizzati e la qualità degli studi inclusi erano molto variabili, rendendo i dati raccolti molto eterogenei, impedendo una meta-analisi completa su tutte le misure di outcome e limitandone la certezza dei risultati. In alcuni casi non era presente un gruppo di controllo o un confronto che permettesse l'analisi di questi valori, ragione per la quale alcuni studi sono stati esclusi dalla meta-analisi.

Inoltre, sono presenti alcuni limiti anche nella presente revisione sistematica. La meta-analisi effettuata ha riguardato solo alcune misure di outcome, rispetto a tutte quelle raccolte, a causa di una mancanza di standardizzazione presente in letteratura. Non sono stati valutati i differenti approcci riabilitativi utilizzati e di conseguenza non è stato possibile definire la superiorità di un intervento rispetto ad un altro, parametri che possono aver influito nel recupero della forza di estensione del ginocchio anche se esulavano dallo scopo di questo studio. Il numero dei partecipanti in diversi casi presenta un campione inferiore ai 20 soggetti a causa di un rigore metodologico non corretto degli studi inclusi.

Punto di forza del presente studio è sicuramente l'aver eseguito una meta-analisi dei dati rispetto ad altre revisioni che affrontano lo stesso argomento dove non sono state attuate analisi statistiche. Sono stati valutati solamente outcome oggettivi e quantificabili e questo ha permesso di confrontare dati numerici rispetto alla popolazione sana o all'arto controlaterale non coinvolto. Sono state divise le

diverse modalità e i diversi gradi in cui veniva testata la forza del muscolo quadricipite, che avrebbero creato un bias di selezione dei dati: sono stati disposti infatti due *effect sizes* differenti per le misurazioni con dinamometro manuale e dinamometro isocinetico, e un *Overall* tra i due.

Inoltre, è stato preso in considerazione il follow-up che ha permesso di valutare l'andamento e il recupero della forza di questi soggetti nel breve, medio e lungo periodo, dati che non sono presenti in letteratura e che potrebbero contribuire alla crescita della comunità scientifica.

7. CONCLUSIONI

La revisione sistematica della recente letteratura dimostra che dopo lussazione rotulea primaria o ricorrente si osservano frequentemente deficit di forza del muscolo quadricipite femorale nell'estensione del ginocchio dell'arto interessato negli individui trattati sia chirurgicamente sia conservativamente. Tale deficit può persistere a lungo termine, fin oltre i tre anni dalla lesione, causando in questi pazienti una diminuzione della qualità della vita e difficoltà nel ritorno allo sport. Tuttavia, sono necessari ulteriori studi che approfondiscano il recupero dei soggetti dopo lussazione di rotula, prendendo in considerazione ulteriori aspetti, oltre alla forza del quadricipite femorale, e sperimentando diversi approcci riabilitativi. Infine, è necessario che gli studi futuri utilizzino misure di outcomes e strumentazioni più standardizzate al fine di permettere un confronto omogeneo fra i dati ottenuti ed avere valori più solidi e statisticamente significativi.

BIBLIOGRAFIA

1. Donald A. Neumann (2019), "*Chinesiologia del sistema muscoloscheletrico*", Piccin, pag. 545-595.
2. Duthon VB. Acute traumatic patellar dislocation. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2015 Feb;101(1 Suppl):S59-67. doi: 10.1016/j.otsr.2014.12.001. Epub 2015 Jan 12. PMID: 25592052.
3. Zaffagnini S, Grassi A, Zocco G, Rosa MA, Signorelli C, Marcheggiani Muccioli GM. The patellofemoral joint: from dysplasia to dislocation. *EFORT Open Rev.* 2017 May 11;2(5):204-214. doi: 10.1302/2058-5241.2.160081. PMID: 28630757; PMCID: PMC5467684.
4. Rhee SJ, Pavlou G, Oakley J, Barlow D, Haddad F. Modern management of patellar instability. *Int Orthop.* 2012 Dec;36(12):2447-56. doi: 10.1007/s00264-012-1669-4. Epub 2012 Oct 7. PMID: 23052278; PMCID: PMC3508055.
5. Tecklenburg K, Dejour D, Hoser C, Fink C. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Mar;14(3):235-40. doi: 10.1007/s00167-005-0683-0. Epub 2005 Oct 28. PMID: 16254736.
6. Amis AA. Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2007 Jun;15(2):48-56. doi: 10.1097/JSA.0b013e318053eb74. PMID: 17505317.
7. Felli L, Alessio-Mazzola M, Lovisolo S, Capello AG, Formica M, Maffulli N. Anatomy and biomechanics of the medial patellotibial ligament: A systematic review. *Surgeon.* 2021 Oct;19(5):e168-e174. doi: 10.1016/j.surge.2020.09.005. Epub 2020 Oct 26. PMID: 33121878.
8. Huber C, Zhang Q, Taylor WR, Amis AA, Smith C, Hosseini Nasab SH. Properties and Function of the Medial Patellofemoral Ligament: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2020 Mar;48(3):754-766. doi: 10.1177/0363546519841304. Epub 2019 May 15. PMID: 31091114.
9. Siljander B, Tompkins M, Martinez-Cano JP. A Review of the Lateral Patellofemoral Joint: Anatomy, Biomechanics, and Surgical Procedures. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev.* 2022

- Jul 20;6(7):e21.00255. doi: 10.5435/JAAOSGlobal-D-21-00255. PMID: 35858252; PMCID: PMC9302287.
10. Senavongse W, Amis AA. The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability: a biomechanical study in vitro. *J Bone Joint Surg Br.* 2005 Apr;87(4):577-82. doi: 10.1302/0301-620X.87B4.14768. PMID: 15795215.
 11. Zaffagnini S, Dejour D, Grassi A, Bonanzinga T, Marcheggiani Muccioli GM, Colle F, Raggi F, Benzi A, Marcacci M. Patellofemoral anatomy and biomechanics: current concepts. *Joints.* 2013 Oct 24;1(2):15-20. PMID: 25606512; PMCID: PMC4295692.
 12. Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2004 Jul-Aug;32(5):1114-21. doi: 10.1177/0363546503260788. Epub 2004 May 18. PMID: 15262631.
 13. Vollnberg B, Koehlitz T, Jung T, Scheffler S, Hoburg A, Khandker D, Hamm B, Wiener E, Diederichs G. Prevalence of cartilage lesions and early osteoarthritis in patients with patellar dislocation. *Eur Radiol.* 2012 Nov;22(11):2347-56. doi: 10.1007/s00330-012-2493-3. Epub 2012 May 30. PMID: 22645041.
 14. Magnussen RA, Verlage M, Stock E, Zurek L, Flanigan DC, Tompkins M, Agel J, Arendt EA. Primary patellar dislocations without surgical stabilization or recurrence: how well are these patients really doing? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017 Aug;25(8):2352-2356. doi: 10.1007/s00167-015-3716-3. Epub 2015 Jul 28. PMID: 26215775.
 15. Hsiao M, Owens BD, Burks R, Sturdivant RX, Cameron KL. Incidence of acute traumatic patellar dislocation among active-duty United States military service members. *Am J Sports Med.* 2010 Oct;38(10):1997-2004. doi: 10.1177/0363546510371423. Epub 2010 Jul 8. PMID: 20616375.
 16. Sillanpää P, Mattila VM, Iivonen T, Visuri T, Pihlajamäki H. Incidence and risk factors of acute traumatic primary patellar dislocation. *Med Sci Sports Exerc.* 2008 Apr;40(4):606-11. doi: 10.1249/MSS.0b013e318160740f. PMID: 18317388.

17. Smith TO, Donell S, Song F, Hing CB. Surgical versus non-surgical interventions for treating patellar dislocation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015 Feb 26;(2):CD008106. doi: 10.1002/14651858.CD008106.pub3. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2023 Jan 24;1:CD008106. PMID: 25716704.
18. Amre Hussein, Asser A Sallam, Mohamed A Imam, Martyn Snow, Surgical treatment of medial patellofemoral ligament injuries achieves better outcomes than conservative management in patients with primary patellar dislocation: a meta-analysis, *Journal of ISAKOS*, Volume 3, Issue 2, 2018, Pages 98-104, ISSN 2059-7754 .
19. Dewan V, Webb MSL, Prakash D, Malik A, Gella S, Kipps C. When does the patella dislocate? A systematic review of biomechanical & kinematic studies. *J Orthop.* 2019 Nov 16;20:70-77. doi: 10.1016/j.jor.2019.11.018. PMID: 32042233; PMCID: PMC7000435.
20. Hughston JC. Reconstruction of the extensor mechanism for subluxating patella. *J Sports Med.* 1972 Sep-Oct;1(1):6-13. doi: 10.1177/036354657200100101. PMID: 4681294.
21. Frings J, Balcarek P, Tscholl P, Liebensteiner M, Dirisamer F, Koenen P. Conservative Versus Surgical Treatment for Primary Patellar Dislocation. *Dtsch Arztebl Int.* 2020 Apr 17;117(16):279-286. doi: 10.3238/arztebl.2020.0279. PMID: 32519945; PMCID: PMC7370958.
22. Migliorini F, Maffulli N, Vaishya R. Patellofemoral instability: Current status and future perspectives. *J Orthop.* 2022 Dec 21;36:49-50. doi: 10.1016/j.jor.2022.12.010. PMID: 36594079; PMCID: PMC9804008.
23. Migliorini F, Oliva F, Maffulli GD, Eschweiler J, Knobe M, Tingart M, Maffulli N. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellofemoral instability: analysis of outcomes and risk factors. *J Orthop Surg Res.* 2021 Apr 6;16(1):239. doi: 10.1186/s13018-021-02383-9. PMID: 33823887; PMCID: PMC8022360.
24. Mark A. Slabaugh, Dana J. Hess, Sarvottam Bajaj, Jack Farr, Brian J. Cole, Management of Chondral Injuries Associated With Patellar Instability, *Operative Techniques in Sports Medicine*, Volume 18, Issue 2, 2010, Pages 115-122, ISSN 1060-1872

25. Huntington LS, Webster KE, Devitt BM, Scanlon JP, Feller JA. Factors Associated With an Increased Risk of Recurrence After a First-Time Patellar Dislocation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2020 Aug;48(10):2552-2562. doi: 10.1177/0363546519888467. Epub 2019 Dec 11. PMID: 31825650.
26. Frings J, Balcarek P, Tscholl P, Liebensteiner M, Dirisamer F, Koenen P. Conservative Versus Surgical Treatment for Primary Patellar Dislocation. *Dtsch Arztebl Int.* 2020 Apr 17;117(16):279-286. doi: 10.3238/arztebl.2020.0279. PMID: 32519945; PMCID: PMC7370958.
27. Balcarek P, Oberthür S, Hopfensitz S, Frosch S, Walde TA, Wachowski MM, Schüttrumpf JP, Stürmer KM. Which patellae are likely to redislocate? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Oct;22(10):2308-14. doi: 10.1007/s00167-013-2650-5. Epub 2013 Sep 5. PMID: 24005331.
28. Jaquith BP, Parikh SN. Predictors of Recurrent Patellar Instability in Children and Adolescents After First-time Dislocation. *J Pediatr Orthop.* 2017 Oct/Nov;37(7):484-490. doi: 10.1097/BPO.0000000000000674. PMID: 26491910.
29. Zhang GY, Ding HY, Li EM, Zheng L, Bai ZW, Shi H, Fan FJ, Guo D. Incidence of second-time lateral patellar dislocation is associated with anatomic factors, age and injury patterns of medial patellofemoral ligament in first-time lateral patellar dislocation: a prospective magnetic resonance imaging study with 5-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019 Jan;27(1):197-205. doi: 10.1007/s00167-018-5062-8. Epub 2018 Jul 14. PMID: 30008056.
30. Moiz M, Smith N, Smith TO, Chawla A, Thompson P, Metcalfe A. Clinical Outcomes After the Nonoperative Management of Lateral Patellar Dislocations: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2018 Jun 11;6(6):2325967118766275. doi: 10.1177/2325967118766275. PMID: 29942814; PMCID: PMC6009091.
31. Sillanpää PJ, Mäenpää HM. First-time patellar dislocation: surgery or conservative treatment? *Sports Med Arthrosc Rev.* 2012 Sep;20(3):128-35. doi: 10.1097/JSA.0b013e318256bbe5. PMID: 22878653.

32. Bulgheroni E, Vasso M, Losco M, Di Giacomo G, Benigni G, Bertoldi L, Schiavone Panni A. Management of the First Patellar Dislocation: A Narrative Review. *Joints*. 2019 Dec 31;7(3):107-114. doi: 10.1055/s-0039-3401817. PMID: 34195538; PMCID: PMC8236325.
33. Abelleira Lastoria DA, Kenny B, Dardak S, Brookes C, Hing CB. Is the patella apprehension test a valid diagnostic test for patellar instability? A systematic review. *J Orthop*. 2023 Jul 13;42:54-62. doi: 10.1016/j.jor.2023.07.005. PMID: 37483643; PMCID: PMC10362729.
34. Qiu RY, Fitzpatrick DWD, Cohen D, Kay J, Almasri M, de Sa DL. MRI as the optimal imaging modality for assessment and management of osteochondral fractures and loose bodies following traumatic patellar dislocation: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023 May;31(5):1744-1752. doi: 10.1007/s00167-022-07043-x. Epub 2022 Jul 7. PMID: 35796753.
35. Migliorini F, Driessen A, Quack V, Gatz M, Tingart M, Eschweiler J. Surgical versus conservative treatment for first patellofemoral dislocations: a meta-analysis of clinical trials. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020 Jul;30(5):771-780. doi: 10.1007/s00590-020-02638-x. Epub 2020 Feb 11. PMID: 32048045.
36. Vermeulen D, van der Valk MR, Kaas L. Plaster, splint, brace, tape or functional mobilization after first-time patellar dislocation: what's the evidence? *EFORT Open Rev*. 2019 Mar 27;4(3):110-114. doi: 10.1302/2058-5241.4.180016. PMID: 30993012; PMCID: PMC6440297.
37. Smith TO, Davies L, Donell ST. Immobilization Regime Following Lateral Patellar Dislocation: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Current Evidence Base. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2010 Aug;36(4):353-60. doi: 10.1007/s00068-010-9165-2. Epub 2010 Mar 8. PMID: 26816040.
38. Flores GW, de Oliveira DF, Ramos APS, Sanada LS, Migliorini F, Maffulli N, Okubo R. Conservative management following patellar dislocation: a level I systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2023 May 30;18(1):393. doi: 10.1186/s13018-023-03867-6. PMID: 37254200; PMCID: PMC10228094.

39. Rund JM, Hinckel BB, Sherman SL. Acute Patellofemoral Dislocation: Controversial Decision-Making. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2021 Feb;14(1):82-87. doi: 10.1007/s12178-020-09687-z. Epub 2021 Feb 1. PMID: 33523411; PMCID: PMC7930146.
40. Migliorini F, Marsilio E, Cuzzo F, Oliva F, Eschweiler J, Hildebrand F, Maffulli N. Chondral and Soft Tissue Injuries Associated to Acute Patellar Dislocation: A Systematic Review. *Life (Basel)*. 2021 Dec 8;11(12):1360. doi: 10.3390/life11121360. PMID: 34947891; PMCID: PMC8706453.
41. Hilber F, Pfeifer C, Memmel C, Zellner J, Angele P, Nerlich M, Kerschbaum M, Popp D, Baumann F, Krutsch W. Early functional rehabilitation after patellar dislocation-What procedures are daily routine in orthopedic surgery? *Injury*. 2019 Mar;50(3):752-757. doi: 10.1016/j.injury.2018.10.020. Epub 2019 Jan 17. PMID: 30717889.
42. Longo UG, Rizzello G, Ciuffreda M, Loppini M, Baldari A, Maffulli N, Denaro V. Elmslie-Trillat, Maquet, Fulkerson, Roux Goldthwait, and Other Distal Realignment Procedures for the Management of Patellar Dislocation: Systematic Review and Quantitative Synthesis of the Literature. *Arthroscopy*. 2016 May;32(5):929-43. doi: 10.1016/j.arthro.2015.10.019. Epub 2016 Feb 23. PMID: 26921127.
43. Lieber AC, Steinhaus ME, Liu JN, Hurwit D, Chiaia T, Strickland SM. Quality and Variability of Online Available Physical Therapy Protocols From Academic Orthopaedic Surgery Programs for Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med*. 2019 Jul 2;7(7):2325967119855991. doi: 10.1177/2325967119855991. PMID: 31309124; PMCID: PMC6607570.
44. Flores GW, de Oliveira DF, Ramos APS, Sanada LS, Migliorini F, Maffulli N, Okubo R. Conservative management following patellar dislocation: a level I systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2023 May 30;18(1):393. doi: 10.1186/s13018-023-03867-6. PMID: 37254200; PMCID: PMC10228094.

45. Lampros RE, Wiater AL, Tanaka MJ. Rehabilitation and Return to Sport After Medial Patellofemoral Complex Reconstruction. *Arthrosc Sports Med Rehabil.* 2022 Jan 28;4(1):e133-e140. doi: 10.1016/j.asmr.2021.09.030. PMID: 35141545; PMCID: PMC8811515.
46. Krych AJ, O'Malley MP, Johnson NR, Mohan R, Hewett TE, Stuart MJ, Dahm DL. Functional testing and return to sport following stabilization surgery for recurrent lateral patellar instability in competitive athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018 Mar;26(3):711-718. doi: 10.1007/s00167-016-4409-2. Epub 2016 Dec 27. PMID: 28028569.
47. Ménétrey J, Putman S, Gard S. Return to sport after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014 Oct;22(10):2320-6. doi: 10.1007/s00167-014-3172-5. Epub 2014 Jul 22. PMID: 25047793; PMCID: PMC4169614.
48. Longo UG, Ciuffreda M, Locher J, Berton A, Salvatore G, Denaro V. Treatment of Primary Acute Patellar Dislocation: Systematic Review and Quantitative Synthesis of the Literature. *Clin J Sport Med.* 2017 Nov;27(6):511-523. doi: 10.1097/JSM.0000000000000410. PMID: 28107220.
49. Hing CB, Smith TO, Donell S, Song F. Surgical versus non-surgical interventions for treating patellar dislocation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011 Nov 9;(11):CD008106. doi: 10.1002/14651858.CD008106.pub2. Update in: *Cochrane Database Syst Rev.* 2015;2:CD008106. PMID: 22071844.
50. Manjunath AK, Hurley ET, Jazrawi LM, Strauss EJ. Return to Play After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 2021 Mar;49(4):1094-1100. doi: 10.1177/0363546520947044. Epub 2020 Aug 31. PMID: 32866030.
51. <http://www.prisma-statement.org>
52. <https://www.scopus.com>
53. <https://www.webofscience.com>
54. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
55. <https://www.strobe-statement.org>

56. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, Asagumo H, Tomatsu T. Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability. *Acta Orthop Belg.* 2004 Dec;70(6):545-50. PMID: 15669454.
57. Woods GW, Elkousy HA, O'Connor DP. Arthroscopic release of the vastus lateralis tendon for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2006 May;34(5):824-31. doi: 10.1177/0363546505282617. Epub 2006 Jan 6. PMID: 16399934.
58. Ronga M, Oliva F, Longo UG, Testa V, Capasso G, Maffulli N. Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 2009 Sep;37(9):1735-42. doi: 10.1177/0363546509333482. Epub 2009 May 26. PMID: 19470945.
59. Smith TO, Mann CJ, Donell ST. Does knee joint proprioception alter following medial patellofemoral ligament reconstruction? *Knee.* 2014 Jan;21(1):21-7. doi: 10.1016/j.knee.2012.09.013. Epub 2012 Oct 18. PMID: 23084729.
60. Tompkins M, Kuenze CM, Diduch DR, Miller MD, Milewski MD, Hart JP. Clinical and Functional Outcomes following Primary Repair versus Reconstruction of the Medial Patellofemoral Ligament for Recurrent Patellar Instability. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp).* 2014;2014:702358. doi: 10.1155/2014/702358. Epub 2014 Mar 20. PMID: 26464893; PMCID: PMC4590910.
61. Smith TO, Chester R, Cross J, Hunt N, Clark A, Donell ST. Rehabilitation following first-time patellar dislocation: a randomised controlled trial of purported vastus medialis obliquus muscle versus general quadriceps strengthening exercises. *Knee.* 2015 Sep;22(4):313-20. doi: 10.1016/j.knee.2015.03.013. Epub 2015 Apr 25. PMID: 25921095.
62. Asaeda M, Deie M, Fujita N, Shimada N, Orita N, Iwaki D, Kono Y, Terai C, Ochi M. Knee biomechanics during walking in recurrent lateral patellar dislocation are normalized by 1 year after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Oct;24(10):3254-3261. doi: 10.1007/s00167-016-4040-2. Epub 2016 Feb 11. PMID: 26869031.

63. Arrebola LS, Smith T, Silva FF, de Oliveira VGC, de Oliveira PR, Wun PYL, Pinfildi CE. Hip and Knee Weakness and Ankle Dorsiflexion Restriction in Individuals Following Lateral Patellar Dislocation: A Case-Control Study. *Clin J Sport Med.* 2021 Nov 1;31(6):e385-e391. doi: 10.1097/JSM.0000000000000815. PMID: 31842047.
64. Keilani M, Palma S, Crevenna R, Gaudart C, Hasenöhr T, Reschl M, Huto N, Hajdu S, Widhalm HK. Functional outcome after recurrent patellar dislocation : Comparison of two surgical techniques-Medial patellofemoral ligament reconstruction (MPFL) vs. Elmslie Trillat procedure. *Wien Klin Wochenschr.* 2019 Dec;131(23-24):614-619. doi: 10.1007/s00508-019-01570-3. Epub 2019 Nov 11. PMID: 31712883; PMCID: PMC6908566.
65. Lucas KCH, Jacobs C, Lattermann C, Noehren B. Gait deviations and muscle strength deficits in subjects with patellar instability. *Knee.* 2020 Aug;27(4):1285-1290. doi: 10.1016/j.knee.2020.05.008. Epub 2020 Jun 23. PMID: 32591208.
66. Hozo SP, Djulbegovic B, Hozo I. Estimating the mean and variance from the median, range, and the size of a sample. *BMC Med Res Methodol.* 2005 Apr 20;5:13. doi: 10.1186/1471-2288-5-13. PMID: 15840177; PMCID: PMC1097734.
67. Lightsey HM, Wright ML, Trofa DP, Popkin CA, Ahmad CS, Redler LH. Rehabilitation variability following medial patellofemoral ligament reconstruction. *Phys Sportsmed.* 2018 Nov;46(4):441-448. doi: 10.1080/00913847.2018.1487240. Epub 2018 Jul 2. PMID: 29888637.
68. Dix J, Marsh S, Dingenen B, Malliaras P. The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. *Phys Ther Sport.* 2019 May;37:197-209. doi: 10.1016/j.ptsp.2018.05.015. Epub 2018 May 25. PMID: 29859898.
69. Palmieri-Smith RM, Lepley LK. Quadriceps Strength Asymmetry After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Alters Knee Joint Biomechanics and Functional Performance at Time of Return to Activity. *Am J Sports Med.* 2015 Jul;43(7):1662-9. doi: 10.1177/0363546515578252. Epub 2015 Apr 16. PMID: 25883169; PMCID: PMC4758854.

70. Amin S, Baker K, Niu J, Clancy M, Goggins J, Guermazi A, Grigoryan M, Hunter DJ, Felson DT. Quadriceps strength and the risk of cartilage loss and symptom progression in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum.* 2009 Jan;60(1):189-98. doi: 10.1002/art.24182. PMID: 19116936; PMCID: PMC3653642.
71. Sanders TL, Pareek A, Johnson NR, Stuart MJ, Dahm DL, Krych AJ. Patellofemoral Arthritis After Lateral Patellar Dislocation: A Matched Population-Based Analysis. *Am J Sports Med.* 2017 Apr;45(5):1012-1017. doi: 10.1177/0363546516680604. Epub 2016 Dec 22. PMID: 28005405.
72. Smith TO, Davies L, Chester R, Clark A, Donell ST. Clinical outcomes of rehabilitation for patients following lateral patellar dislocation: a systematic review. *Physiotherapy.* 2010 Dec;96(4):269-81. doi: 10.1016/j.physio.2010.02.006. Epub 2010 Apr 24. PMID: 21056161.
73. Forde C, Mortimer C, Haddad M, Hirani SP, Williams MA, Keene DJ. Objectively quantified lower limb strength recovery in people treated surgically or non-surgically after patellar dislocation: A systematic review. *Phys Ther Sport.* 2021 Sep;51:110-138. doi: 10.1016/j.ptsp.2021.06.003. Epub 2021 Jun 12. PMID: 34325188.
74. Bohannon RW. Manual muscle testing: does it meet the standards of an adequate screening test? *Clin Rehabil.* 2005 Sep;19(6):662-7. doi: 10.1191/0269215505cr873oa. PMID: 16180603.
75. Dervišević, Edvin and Hadžić, Vedran. 'Quadriceps and Hamstrings Strength in Team Sports: Basketball, Football and Volleyball'. 1 Jan. 2012 : 293 – 300.
76. Risberg MA, Steffen K, Nilstad A, Myklebust G, Kristianslund E, Moltubakk MM, Krosshaug T. Normative Quadriceps and Hamstring Muscle Strength Values for Female, Healthy, Elite Handball and Football Players. *J Strength Cond Res.* 2018 Aug;32(8):2314-2323. doi: 10.1519/JSC.0000000000002579. PMID: 29794892; PMCID: PMC6092090.
77. Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, Fitzgerald D, Hardiman O. Maximum voluntary isometric contraction: reference values and clinical application. *Amyotroph Lateral Scler.* 2007 Feb;8(1):47-55. doi: 10.1080/17482960601012491. Erratum in: *Amyotroph Lateral Scler.* 2008;9(1):63. PMID: 17364436.

78. Chatterji R, White AE, Hadley CJ, Cohen SB, Freedman KB, Dodson CC. Return-to-Play Guidelines After Patellar Instability Surgery Requiring Bony Realignment: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2020 Dec 15;8(12):2325967120966134. doi: 10.1177/2325967120966134. PMID: 33403208; PMCID: PMC7745633.
79. Coudeyre E, Jegu AG, Giustanini M, Marrel JP, Edouard P, Pereira B. Isokinetic muscle strengthening for knee osteoarthritis: A systematic review of randomized controlled trials with meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2016 Jun;59(3):207-215. doi: 10.1016/j.rehab.2016.01.013. Epub 2016 Apr 11. PMID: 27079585.
80. Flosadottir V, Roos EM, Ageberg E. Muscle function is associated with future patient-reported outcomes in young adults with ACL injury. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2016 Oct 10;2(1):e000154. doi: 10.1136/bmjsem-2016-000154. PMID: 27900196; PMCID: PMC5125420.