



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2017/2018

Campus Universitario di Savona

TITOLO TESI

**TEST DI SALTO, HOP TESTS, NELLA VALUTAZIONE DELL'ARTO
INFERIORE: PRINCIPALI TEST DI SALTO DESCRITTI IN LETTERATURA E
RELATIVO RUOLO QUALE FATTORE DI RISCHIO, STRUMENTO
DIAGNOSTICO E MISURA DI OUTCOME RIABILITATIVO**

(Hop tests, evaluation of the lower limb: main hop tests described in the literature and their role as risk factor, diagnostic tool and rehabilitation outcome measure)

Candidato:

Dott. Ft. Pillan Giulio

Relatore:

Dott. Ft. OMPT Errico Diego

INDICE

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	7
I test di salto	7
Obiettivo della revisione	8
Single-Legged Hop tests	8
Vertical jump	10
MATERIALI E METODI	13
Ricerca degli studi	13
Criteri di eleggibilità degli studi	14
Valutazione della qualità metodologica.....	14
RISULTATI	15
Analisi qualitativa	21
DISCUSSIONE	36
LIMITI.....	38
CONCLUSIONI.....	39
KEY POINTS	39
BIBLIOGRAFIA	40

ABSTRACT

Background: Le proprietà di misura necessarie per considerare i test di salto validi strumenti di outcome sono tuttora in discussione, così come la loro attendibilità, ma, vista la facilità di esecuzione e somministrazione, questi test sono diventati negli anni un elemento chiave nella valutazione dell'arto inferiore, dalla fase diagnostica alla fase prognostica del progetto riabilitativo.

Obiettivi: Il presente elaborato ha lo scopo di descrivere i principali test di salto e la loro correlazione con i diversi quadri patologici, analizzando il loro ruolo come fattore di rischio, strumento diagnostico e misura di outcome.

Materiali e metodi: La ricerca è stata condotta il 15 aprile 2018 usando il database elettronico MEDLINE nel quale è stata inserita una stringa contenente i test di salto descritti in letteratura e le parole chiave (MeSH) necessarie ad accrescere il valore dello studio: lower extremity, risk factors, prognosis, clinical prediction rules, sports injuries, evaluation, outcome measure. Gli articoli inclusi nella ricerca potevano essere revisioni sistematiche, RCT e studi osservazionali su popolazione sana o affetta da disturbi muscoloscheletrici. Sono stati esclusi tutti gli articoli con caratteristiche metodologiche inferiori a quelle precedentemente citate e quelli non attinenti all'obiettivo della ricerca.

Risultati: L'analisi ha identificato un totale di 153 articoli fra quali ne sono stati selezionati 10 come idonei ad essere revisionati. Il single leg hop for distance è il test più studiato: viene presentato in 3 articoli come misura di outcome dopo la ricostruzione del LCA e in un articolo come possibile fattore protettivo per le lesioni traumatiche del ginocchio nei bambini. I drop jump sono studiati in 2 elaborati come possibile fattore di rischio per lesioni da non contatto del ginocchio nella popolazione femminile. Il vertical jump sembra essere un fattore di rischio per gli infortuni traumatici nei bambini, mentre il CMJ offre indicazioni riguardo il livello di performance fisica di un atleta. Stop jump e DVJ sono stati correlati rispettivamente ai quadri patologici di Patellar Tendon Abnormality e lesione del compartimento laterale della caviglia.

Conclusioni: I test di salto hanno il ruolo di misura di outcome dopo infortuni a carico dell'arto inferiore e possono dare caute indicazioni riguardanti i fattori che predispongono a eventi lesivi a livello del ginocchio. Le proprietà psicometriche riguardo questi test rimangono un quesito di ricerca, vista la scarsa qualità metodologica degli studi in

letteratura. L'interpretazione dei risultati di un test di salto deve essere quindi ponderata accostandola a dei test complementari.

INTRODUZIONE

I test di salto

I test di performance funzionale sono impiegati in tutto il mondo sportivo e, a più livelli, anche in quello riabilitativo. Questi test, usati in combinazione, sono stati promossi a lungo come screening nei periodi di allenamento pre-stagionale, anche se i risultati ottenuti apparivano essere più specifici che sensibili. Perché quindi avvalersi di questi strumenti se non sono così efficienti? Questo tipo di performance fisiche sono utili perché sono facili da gestire, richiedono poco tempo per essere eseguite e valutate e non necessitano di una preparazione pratica elevata per poter essere somministrate. Inoltre i test funzionali non necessitano di equipaggiamenti o dispositivi costosi per la valutazione, e possono essere eseguiti in diversi contesti.

Nell'ambito fisioterapico i test di salto rappresentano uno strumento utile alla valutazione di eventuali fattori di rischio generali o di lesione secondaria, alla valutazione di aspetti fisici come forza e potenza muscolare o ROM e si dimostrano inoltre un criterio fondamentale per stabilire se un soggetto è pronto per il ritorno all'attività sportiva praticata precedentemente all'infortunio.

Un'ampia parte delle lesioni a carico dell'arto inferiore in ambito sportivo sono a livello del ginocchio^{18,19}; infatti quest'ultimo risulta l'articolazione più studiata tra gli articoli dove sono proposti i test di salto. La meccanica di esecuzione di un salto sollecita il ginocchio dal punto di vista muscolare con la contrazione del quadricipite e degli ischiocrurali nelle fasi propulsiva e frenante e dal punto di vista articolare nel momento in cui vengono dissipate le forze con un movimento in valgo o in varo. L'esecuzione di un task funzionale di questo tipo, d'altro canto, non agisce soltanto su un'articolazione ma mette in relazione più distretti al fine di eseguire un compito, infatti il tronco, le anche e le caviglie sono i principali altri oggetti di studio nell'analisi di un hop test.

Obiettivo della revisione

Lo scopo di questa revisione è di descrivere i principali test di salto e la loro correlazione con i diversi quadri patologici, analizzando il loro ruolo come fattore di rischio, strumento diagnostico e misura di outcome.

Single-Legged Hop tests

Nel 1991, Noyes et al.² hanno valutato l'efficacia di quattro prove nel riscontrare i deficit funzionali dell'arto inferiore. I 4 test di salto in questione erano: 1) single leg hop for distance; 2) 6 meters timed hop; 3) triple hop for distance 4) cross-over hop for distance. I single-legged hop tests sono diventati i test funzionali per l'arto inferiore più conosciuti e vengono solitamente usati per identificare i pazienti che hanno ritrovato la stabilità dinamica del ginocchio dopo una lesione del legamento crociato anteriore¹.

- Prima di iniziare le singole prove i pazienti devono standardizzare indumenti e scarpe usati per il test, così da poter ripetere la valutazione senza l'aggiunta di variabili non previste.
- Per effettuare gli hop tests bisogna seguire una determinata successione: single leg hop for distance, single leg 6m timed hop, triple hop for distance, crossover hop for distance.
- I partecipanti vengono istruiti a stare su una gamba sola e a posizionarsi con la punta del piede a livello della linea che demarca l'inizio del salto.
- La distanza (espressa in metri) è misurata dalla linea iniziale, ovvero dal punto di stacco, al punto di atterraggio a livello della punta del piede secondo *Noyes et al.*¹⁰ o a livello del tallone secondo *Xergia et al.*².
- Non sono riportare restrizione circa l'utilizzo degli arti superiori.
- Il salto non è valido se al momento dell'atterraggio si verifica una perdita di equilibrio, se si tocca il terreno o il muro con le mani, se si tocca il terreno con l'arto controlaterale a quello che si sta testando oppure se si esegue un salto aggiuntivo dopo il primo atterraggio.
- Ogni partecipante effettua una prova per lato, successivamente verrà registrata la media dei primi due tentativi accettabili^{2,10} oppure si manterrà la valutazione solo del miglior salto eseguito all'interno di 3 prove^{1,8}.

- Per valutare la simmetria tra i due lati si dovrà calcolare il Limb Symmetry Index (LSI) che si ottiene dividendo la misurazione ottenuta dal lato coinvolto per quella del lato sano, moltiplicato per cento.

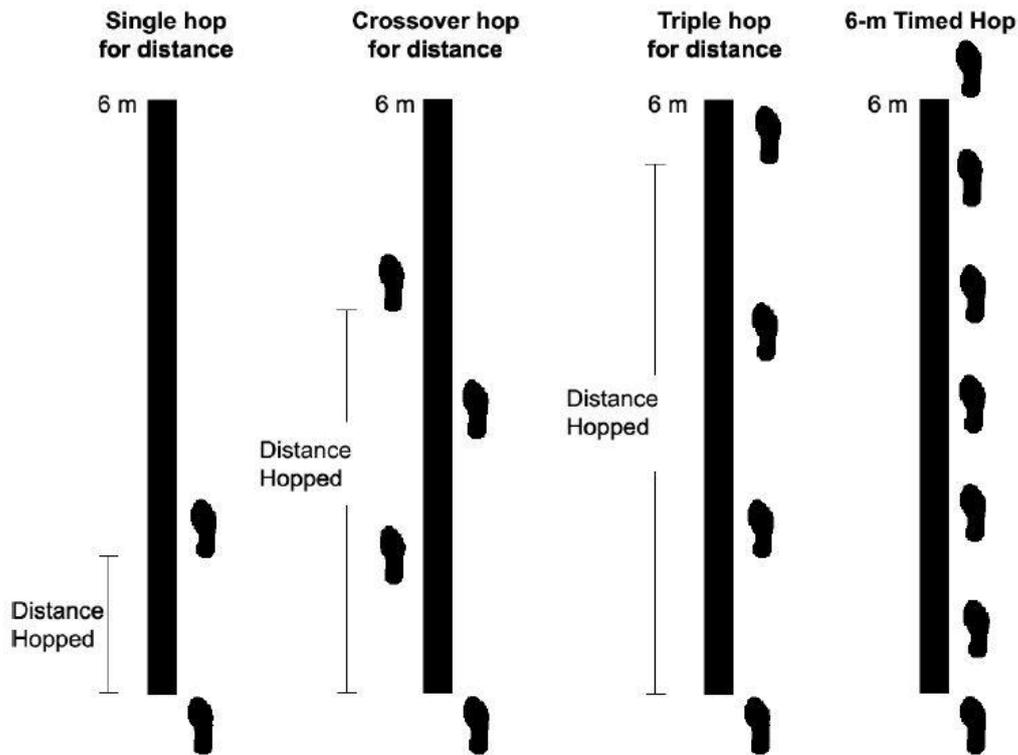


Figura 1. Hop tests.

Single leg hop for distance

Si parte in appoggio monopodalico sull'arto da testare e si esegue un salto raggiungendo la massima distanza possibile. Al momento dell'atterraggio la posizione va mantenuta per almeno due secondi.

Ripetibilità Test / Retest 0.8^{15}

6 meters timed hop

Il test inizia in appoggio monopodalico sull'arto da testare e si eseguono dei salti su una sola gamba per sei metri. Viene registrato il tempo necessario per coprire la distanza predefinita (6 metri).

Triple hop for distance

Si parte in appoggio monopodalico sull'arto da testare e si eseguono tre salti in sequenza raggiungendo la massima distanza possibile. La posizione finale raggiunta dopo l'ultimo atterraggio va mantenuta per almeno due secondi al fine di registrare la distanza raggiunta.

Cross-over hop for distance

Il test inizia in appoggio monopodalico sull'arto da testare e si eseguono 3 salti incrociando una linea. La posizione finale raggiunta dopo l'ultimo atterraggio va mantenuta per almeno 2 secondi.

Vertical jump

Drop Vertical Jump

Il drop vertical jump è un test bilaterale con lo scopo di valutare la capacità di assorbimento delle forze d'impatto, prima dell'esecuzione di un salto verticale alla massima altezza.

Il soggetto si posiziona su un box alto 30 cm, esegue un balzo per scendere e al momento dell'atterraggio, eseguito con entrambi i piedi, effettua un salto in verticale alla massima altezza raggiungibile.

Il drop vertical jump necessita di essere registrato attraverso un dispositivo video che, più risulta preciso, più sarà in grado di discriminare i cambiamenti del movimento ad alte velocità.

Usualmente questo test viene valutato sul piano frontale per determinare un eventuale valgismo del ginocchio al momento del contatto con il terreno, ma più studi^{4,5,20} prendono in considerazione anche altre variabili cinematiche come grado di rotazione dei piedi al momento dell'atterraggio, flessione sagittale e laterale del tronco e angolo di flessione dell'anca.

Il drop vertical jump, prevedendo più fasi, necessita di essere standardizzato in parametri come il setting e l'esecuzione, ma un fattore ancora poco considerato è l'istruzione vocale data dall'esaminatore. Quest'ultima, secondo *Khuu et al.*, può modificare il risultato del test e per questo dovrebbe essere controllata e chiaramente documentata, allo scopo di

evitare bias nella ripetizione e/o nell'interpretazione del task richiesto. Un esempio: la massima altezza del salto può variare se l'indicazione data si riferisce ad un target esterno ("concentrate on ...reaching as high as possible during the jumps") o se si riferisce a caratteristiche del corpo in movimento ("concentrate on the tips of ... fingers .. during the jumps")²¹.

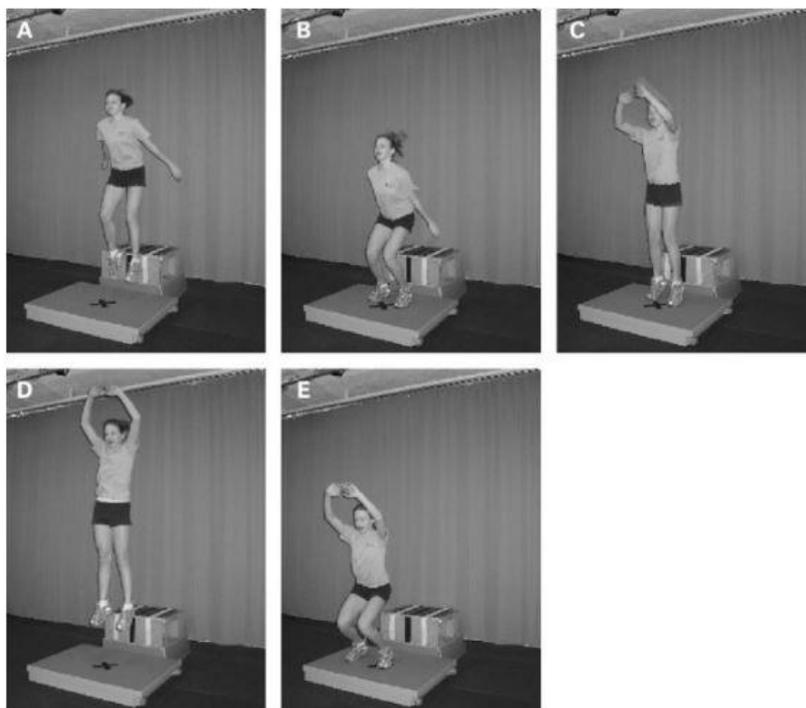


Figura 2. *Drop Vertical Jump, Renstorm et al.*²²

Standing Vertical Jump (Abalakov's)

Il vertical jump è un test inizialmente proposto da Abalakov nel 1938 e nasce con lo scopo di valutare la potenza degli arti inferiori.

Il soggetto si prepara in stazione eretta sopra o all'interno del sistema di rilevazione dei dati. Quando è pronto, effettua una squat fino a raggiungere i 90° di flessione delle ginocchia e nello stesso momento oscilla con le braccia dietro il corpo. Senza effettuare pause, gli arti superiori sono oscillati anteriormente e l'atleta salta verticalmente alla massima altezza possibile, atterrando sul tappeto con entrambi i piedi. Il miglior risultato tra 3 prove verrà registrato e analizzato. Il test può essere invalidato se il ginocchio non raggiunge o supera a i 90 gradi di flessione.

Nonostante i tentativi di standardizzazione della prova, un'investigazione della correlazione test-retest proposta da Tkac et al a differenti frequenze di salto dimostra una scarsa ripetibilità del risultato.

Counter Movement Jump

Il counter movement jump è largamente usato come test per valutare l'efficacia di un allenamento di forza nell'attività sportiva^{7,14}. Questo task funzionale è molto simile allo standing vertical jump ma non prevede l'utilizzo delle braccia durante l'esecuzione. La restrizione dell'uso degli arti superiori esprime una performance ridotta del 10% rispetto al test sopracitato.

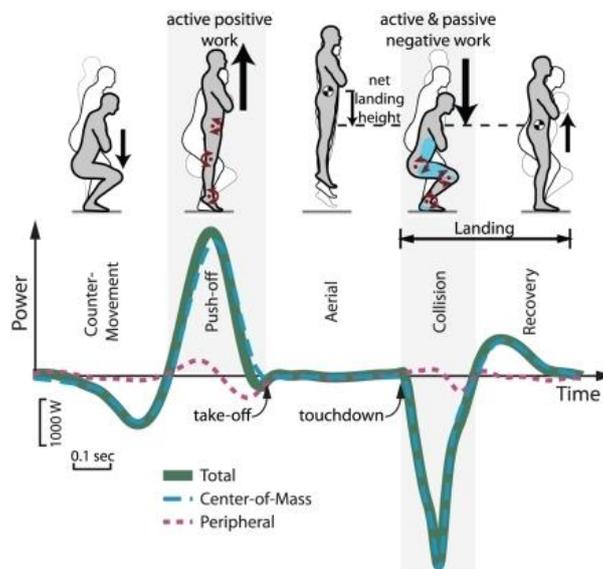


Figura 3. Esecuzione di un Counter-Movement Jump.

MATERIALI E METODI

Ricerca degli studi

Scopo della ricerca

La ricerca degli studi ha come obiettivo quello di indentificare in modo completo, oggettivo e riproducibile gli articoli che rispondano al quesito clinico rispettando i criteri di ricerca.

Fonte delle informazioni

La ricerca è stata effettuata mediante una revisione della letteratura attraverso la banca dati MEDLINE sul motore di ricerca Pubmed.

Non sono stati posti vincoli temporali e sono stati valutati tutti i lavori fino al 15/04/2019. L'unico limite imposto è stato la lingua inglese.

Stringa di ricerca

Sono stati ricercati gli articoli utili alla stesura dell'elaborato utilizzando le seguenti parole chiave:

OGGETTO DELLA RICERCA

- "hop test" OR "jump test" OR "squat jump" OR "counter movement jump" OR "standing broad jump" OR "vertical jump" AND "lower extremity"

LIMITAZIONI

- AND English[lang]

DOMANDA DELLA RICERCA

- AND Termini Mesh inseriti: "risk factor" OR "prognosis" OR "measure, outcome" OR "sports injuries" OR "clinical predictione rules" OR "knee injuries" OR "ankle injuries" OR "hip injuries"
- OR "evaluation" [All Fields]

Criteri di eleggibilità degli studi

Sono stati definiti i seguenti criteri di inclusione ed esclusione per selezionare la letteratura scientifica adatta alle esigenze dello studio.

CRITERI D'INCLUSIONE

- Revisioni sistematiche, RCT, studi di coorte, studi trasversali e studi caso-controllo che comprendessero l'utilizzo di un test di salto all'interno della ricerca scientifica come strumento diagnostico, prognostico o misura di outcome;
- Popolazione di studio sana o con disturbi muscoloscheletrici;
- Studi in lingua inglese;

CRITERI D'ESCLUSIONE

- Altre tipologie di studi non descritti nei criteri d'inclusione;
- Popolazione di studio con disturbi neurologici;
- Articoli non attinenti alla ricerca in atto.

Valutazione della qualità metodologica

Al fine di valutare la qualità degli studi osservazionali, è stata utilizzata una specifica checklist, la Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE Statement).

Per le tabelle sarà valida la seguente legenda:

- Sì = ✓;
- No = ✗;
- Parzialmente = ✓✗
- Non valutabile = /;

RISULTATI

La ricerca iniziale sulla banca dati MEDLINE (attraverso il motore di ricerca Pubmed) ha prodotto un totale di 153 articoli. Attraverso la lettura del titolo e, dove richiesto, dell'abstract sono stati esclusi 135 articoli che non mostravano attinenza al quesito di ricerca e/o non erano idonei ad essere eletti come pertinenti, perché non rispettavano i criteri di inclusione/esclusione precedentemente descritti.

I 18 articoli rimasti sono stati ulteriormente revisionati procedendo alla lettura completa dell'elaborato e sono stati esclusi altri 8 articoli. Gli articoli selezionati per la revisione sono stati 10.

Nella flow chart (Figura 4) sono riportati, in modo schematico, i procedimenti metodologici che hanno portato alla selezione degli articoli idonei.

Nella Tabella 1 sono stati riportati in sintesi tutti gli articoli selezionati per la revisione.

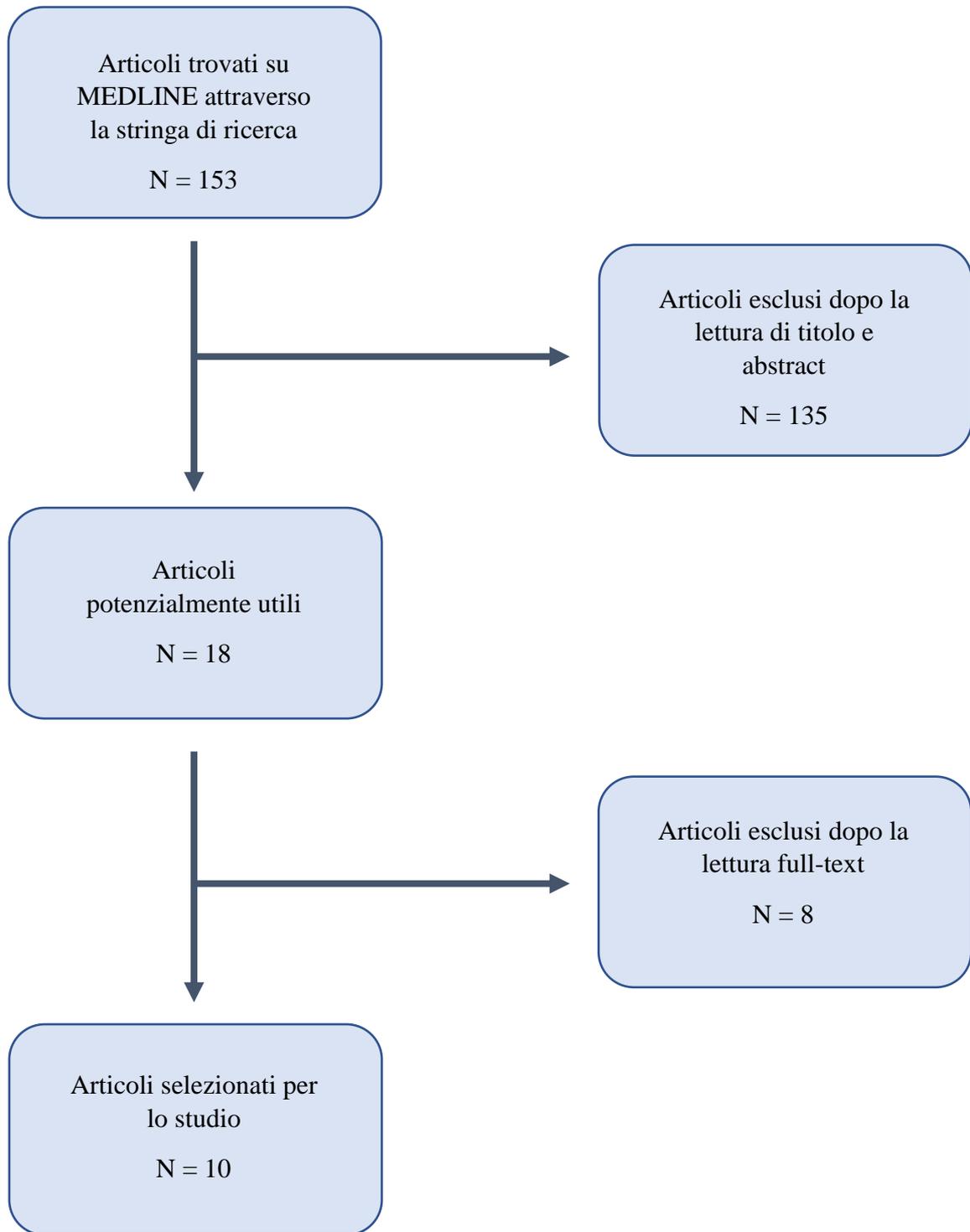


Figura 4. *Flow chart del processo di selezione degli studi.*

Riferimento Bibliografico	Tipo di Studio	Obiettivo	Popolazione	Intervento	Outcome	Valutazione e follow-up	Risultati
1. <i>Can two dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study.</i> Dignenen et al. (2015) ³	Studio di coorte	SLDVJ per identificare i pz a rischio di lesione da non contatto del ginocchio.	n = 50 Femmine Atlete Sane, no storia di infortuni alle ginocchia	Valutazione intera popolazione con SLDVJ. Confronto risultati dopo la stagione sportiva. Gruppi divisi in base all'interruzione della attività sportiva per infortuni. Gruppo 1: sane Gruppo 2: "future infortunate" (n=7)	SLDVJ Angolo KV (SIAS – ginocchio – caviglia con vertice sul ginocchio) Angolo LTM (verticale alla SIAS – SIAS – manubrio dello sterno)	Baseline; 1 stagione sportiva	Il gruppo 2 mostra alla baseline un maggior combinazione degli angoli KV e LTM nella direzione dell'arto testato durante il SLDVJ.
2. <i>Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain.</i> Doherty et al. (2014) ⁴	Studio trasversale	Identificare i potenziali movimenti adattativi associati a LAS.	n = 30 con LAS n= 19 sani, no storia di infortuni agli arti inferiori	Valutazione con Codamotion dell'esecuzione di un DVJ. Gruppo 1: LAS Gruppo 2: controllo	DVJ, angoli articolari di anca, ginocchio, caviglia	Valutazione singola a 2 settimane dall'infortunio	Il gruppo 1 esegue il DVJ con minor flessione plantare della caviglia infortunata, minor flessione d'anca.
3. <i>Single-Legged Hop Tests as Predictors of Self-Reported Knee Function in Nonoperatively Treated Individuals With Anterior Cruciate Ligament Injury.</i>	Studio di coorte	Stabilire se i single legged hop tests possano predire il risultato del IKDC 2000 ad 1 anno nei pazienti con rottura di LCA trattati conservativamente	n = 91 Rottura di LCA 74±30 giorni dopo l'infortunio	Valutazione SLHT alla baseline, IKDC ad un anno. Gruppo 1: IKDC sotto il range di normalità Gruppo2: IKDC nei limiti della normalità	LSI IKDC	Baseline; 1 anno.	Il gruppo 2 mostra un LSI del single leg hop for distance alla baseline significativamente maggiore del gruppo 1.

Grindem et al. (2011) ¹							
4. <i>Motor Performance as Risk Factor for Lower Extremity Injuries in Children</i> Larsen et al. (2016) ⁸	Studio di coorte	Esaminare se le performance motorie possono essere un fattore di rischio per infortuni traumatici o da sovraccarico nei bambini.	n = 1244 8y < età < 14y	Valutazione performance motorie alla baseline con vertical jump, shuttle run test, prone bridge, side bridge, single leg hop for distance, Anderson test, balance tests. Registrazione infortuni dopo 15 mesi. Gruppi: infortuni traumatici ginocchia; i. traumatici caviglia/piede; i. sovraccarico ginocchia; i. sovraccarico caviglia/piede.	Numero di infortuni agli arti inferiori	Baseline; 15 mesi	Scarso equilibrio aumenta il rischio di infortuni traumatici e da sovraccarico, soprattutto alle caviglie; una buona performance in SLHD protegge è un fattore protettivo per gli infortuni traumatici alle ginocchia; buoni risultati nei test di core stability e vertical jump aumentano il rischio per gli infortuni traumatici e nella regione del piede e da sovraccarico alle ginocchia.
5. <i>A lower limb assessment tool for athletes at risk of developing patellar tendinopathy.</i> Mann et al. (2013) ⁹	Studio trasversale	Esaminare i fattori di rischio predittori della presenza e della severità di PTA (patellar tendon abnormality)	n = 20 Maschi Atleti pre-elite di basket 10 con PTA 10 con tendine nei limiti di normalità	Valutazione con VISA, vertical jump, massa grassa, flessibilità muscolare e stop jump. Gruppo 1: PTA Gruppo 2: controllo	Valutazione ROM articolare 3D e 2D di flessione di ginocchio anca e tronco al contatto iniziale e alla massima flessione di ginocchio; VISA; massa grassa; vertical jump; flessibilità degli ischiocrurali e del quadricipite.	Valutazione Singola	I fattori che predicono la presenza di PTA son il ROM d'anca e la flessione del ginocchio al contatto iniziale dello stop-jump e la flessibilità dei quadricipiti. Il ROM d'anca nello stop-jump e il VISA score stimano la severità della PTA.
6. <i>Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior</i>	Studio trasversale	Valutare la sensibilità dei single hop tests nel riscontrare asimmetrie lato per lato.	n = 67 Rottura di LCA	Valutazione pazienti con sigle hop for distance, triple hop, timed hop, cross over hop, forza muscolare, sintomi e valutazione funzionale autonoma. Gruppo 1: 67/67 pz SLHD + timed hop	Sensibilità e specificità SLHT; forza muscolare isocinetica di quadricipite e ischiocrurali	Valutazione singola.	SLHD: Sn 52%; Sp 97% Timed hop Sn 49%; Sp 94% Cross-over (su 26 pz) Sn 58%

<i>cruciate ligament rupture.</i> Noyes et al. (1991) ¹⁰				Gruppo 2: 26/67 pz tutti 4 i test			Triple hop (su 26 pz) Sn 50% Relazione tra simmetria per lato e forza isocinetica del quadricipite a bassa velocità.
7. <i>Is Knee Separation During a Drop Jump Associated With Lower Extremity Injury in Adolescent Female Soccer Players?</i> O’Kane et al. (2015) ¹¹	Studio di coorte	Determinare il range normale del NKS (Normalized Knee Separation) durante un drop-jump e valutare se un ridotto valore di NKS possa essere un fattore di rischio per infortuni agli arti inferiori.	n = 351 Femmine 11y < età < 14y Giocatrici di calcio giovanile elite	Esecuzione drop-jump alla baseline in prestagione, valutazione del NKS nella fase di pre-atteggimento, atterraggio e stacco. Registrazione degli infortuni durante la stagione. Gruppo 1: NKS ≤ 10mo percentile (valgismo accentuato) Gruppo 2: NKS > 10 percentile. Gruppo 1a: pre-menarcali Gruppo 1b: post-menarcali	NKS; numero di infortuni agli arti inferiori; numero di infortuni alle ginocchia.	Valutazione alla baseline; follow-up una stagione	134 giocatrice hanno accusato 173 infortuni agli arti inferiori, 43 dei quali alle ginocchia. Il gruppo 1° presenta un aumento del rischio di infortuni agli arti inferiori del 92% e un aumento del rischio di 3.62 volte per gli infortuni alle ginocchia.
8. <i>The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction.</i> Petschnig et al. (1998) ¹²	Studio trasversale	1) determinare se l’AI non coinvolto è nella norma rispetto al gruppo di controllo; 2) determinare le differenze tra gli AAI nei pz sottoposti a ACLR; 3) esaminare la relazione tra performance tests e forza degli estensori del ginocchio; 4) determinare se il one legged rebound vertical test dia più	A = 50 soggetti sani B+C = 55 pazienti sottoposti a ricostruzione del legamento crociato (B = 13 sett post ch.; C = 54 sett post ch.)	Valutazione della forza del quadricipite; esecuzione single legged hop for distance, triple hop test, one legged / two legged vertical jump. Gruppo A = soggetti sani (controllo). Gruppo B = 30 pz ACL-R a 13 settimane post-intervento. Gruppo C = 25 pz ACL-R a 54 settimane dall’intervento.	SLHD (cm); Triple hop (cm); Peak torque (Nm); OL / TL vertical jump (cm, s); Lysholm Score; LSI.	Valutazione singola.	Nessuna differenza tra AI non coinvolto in B e C e entrambe gli arti inferiori in A. Correlazione tra peak torque e single / triple hop test. LSI gruppo A > 95% in tutti i test funzionali e isocinetici. LSI gruppo B < 85% in tutti i tests. Nel gruppo C solo il vertical jump è risultato con un LSI < 85%.

		informazioni riguardo allo stato del ginocchi rispetto ad altri test.					
9. <i>A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial.</i> Pinczewski et al. (2007) ¹³	Studio di coorte	Valutare se la ricostruzione del LCA con HT (hamstring tendon) e PT (patellar tendon) sono comparabili a 2,5,7 e 10 anni dall'intervento.	n = 180 HT = 90 PT = 90	Tutti i pazienti sono stati sottoposti allo stesso programma riabilitativo accelerato. Si sono valutate caratteristiche soggettive, oggettive e radiografiche.	IKDC 2000; KT-1000 artrometro; ROM; VAS; Lysholm score; LSI; numero di lesioni secondarie; valutazione radiografica.	Valutazione pre-intervento; follow-up a 2,5,7,10 anni	A 10 anni non ci sono differenze nel tasso di rotture del tendine ricostruito. Tutte le rotture sono associate ad una lassità rilevata strumentalmente > 2mm a 2 anni. I sintomi nel sito di prelievo del tendine e il dolore in ginocchio sono più comuni nel gruppo PT. Lieve artrosi rilevata in radiografia è più comune nei PT. Fattori predittivi di artrosi sono un SLHD < 90% ad un anno e la necessità di un ulteriore intervento al ginocchio.
10. <i>Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players.</i> Quagliarella et al. (2011) ¹⁴	Studio trasversale	Verificare la possibilità di discriminare gli effetti del livello di allenamento e dell'età nei calciatori giovani adulti attraverso tempo di volo, picco di forza o picco di potenza rilevato con il countermovement jump.	n = 123 sani 11y < età < 20y	Valutazione del countermovement jump per ogni soggetto. Divisione in 4 gruppi incrociati tra loro: Gruppo 1 e 2: età (pre-puberale; post-puberale) Gruppo 3 e 4: livello di allenamento (basso; alto)	Tempo di volo; picco di forza; picco di potenza	Valutazione singola	Dopo la normalizzazione dei parametri correlati a peso e altezza, solo il tempo di volo è in grado di discriminare in modo statisticamente significativo il livello di allenamento.

Tabella 1. *Tabella sinottica degli studi selezionati.*

Analisi qualitativa

Per valutare la qualità metodologica degli studi è stata utilizzata la checklist STROBE.

I punti relativi a titolo, abstract ed introduzione sono stati tutti seguiti solo in 4 studi^{3,1,11,13}.

Per quanto riguarda i metodi:

- Quagliarella¹⁴ e Petschnig¹² non hanno espresso i dati riguardanti il contesto, le sedi e i periodi di valutazione;
- Nessuno studio è stato in grado di descrivere in modo completo tutti gli sforzi volti a considerare le possibili fonti di errori sistematici;
- Pinczewski¹³ è l'unico studio che fornisce indicazione su come è stata trattata la perdita di dati nel corso dei follow-up.

Nella parte dei risultati invece:

- Solamente due articoli^{3,1} hanno utilizzato un diagramma di flusso per descrivere i partecipanti in ogni fase dello studio;
- 2 articoli^{10,13} non hanno fornito esaustive indicazioni riguardo le caratteristiche dei partecipanti;
- Nessuno studio, ove applicabile, considera di traslare la stima di rischio relativo in rischio assoluto.

Per quanto riguarda la discussione:

- Tutti gli studi riassumono i risultati del lavoro in relazione agli obiettivi iniziali;
- Due articoli^{2,14} non rappresentano in modo completo i limiti del lavoro, altri due^{4,12} lo fanno solo in modo parziale.

Concludendo, 6 studi^{3,4,8,9,10,14} su 10 esplicitano in modo chiaro le fonti di finanziamento dello studio.

Nella tabella 2 è rappresentata la checklist STROBE, utilizzata per l'analisi qualitativa degli articoli revisionati, che è stata compilata con metodo descritto nella seguente legenda:

- Si = ✓;
- No = ✗;
- Parzialmente = ✓✗;
- Non valutabile = /;

	Voce	Raccomandazione	Riferimento Bibliografico									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TITOLO e ABSTRACT	1	a) Indicare il disegno dello studio nel titolo o nell'abstract con un termine usato frequentemente. b) Fornire nell'abstract un riassunto informativo ed equilibrato di ciò che è stato fatto e di ciò che è stato osservato.	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
INTRODUZIONE												
Premesse / Razionale	2	Spiegare le premesse scientifiche e il rationale della ricerca proposta per la pubblicazione.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Obiettivi	3	Indicare gli obiettivi specifici, comprese tutte le ipotesi prespecificate.	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗
METODI												
Disegno di studio	4	Presentare gli elementi fondamentali del disegno dello studio nella parte iniziale del lavoro.	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗
Contesto	5	Descrivere il contesto (setting), le sedi e le date rilevanti, compresi i periodi di reclutamento, d'esposizione, di follow-up e raccolta dei dati.	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗
Partecipanti	6	a) <i>Studio di coorte</i> - Indicare i criteri di eleggibilità, le fonti dei partecipanti e i metodi di selezione dei partecipanti. Descrivere i metodi di follow-up. <i>Studio caso-controllo</i> - Indicare i criteri di eleggibilità, le fonti dei casi e i metodi di accertamento dei casi e di selezione dei controlli. Indicare il	✓		✓	✗			✓	✗	✓	

		metodi analitici tenendo conto della strategia di campionamento.										
		e) Descrivere le eventuali analisi di sensibilità.	/	/	✓	/	/	✓	/	/	/	/
RISULTATI												
Partecipanti	13*	a) Riportare il numero di individui in ciascuno stadio dello studio – ad es., numero di individui potenzialmente eleggibili, esaminati per l'eleggibilità, confermati come eleggibili, inclusi nello studio, che hanno completato il follow-up e che sono stati analizzati.	✓ ×	✓ ×	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	×
		b) Indicare le motivazioni della mancata partecipazione a ciascuno stadio.	/	/	✓	✓	/	/	✓	/	✓	/
		c) Considerare l'uso di un diagramma di flusso.	✓	×	✓	×	/	×	×	×	×	×
Dati descrittivi	14*	a) Indicare le caratteristiche dei partecipanti allo studio (ad es., demografiche, cliniche, sociali) e dare informazioni sulle esposizioni e sui potenziali fattori di confondimento	✓ ×	✓ ×	✓	✓	✓	×	✓	✓	×	✓ ×
		b) Indicare il numero di partecipanti con dati mancanti per ciascuna variabile di interesse	/	/	✓	/	/	/	/	/	✓	/
		c) <i>Studio di coorte</i> – Riassumere la durata del follow-up (ad es., medio e totale).	✓			✓			✓		✓	
Dati di esito	15*	<i>Studio di coorte</i> - Riportare il numero degli eventi di esito o delle misure riassuntive nel tempo	✓		✓	✓			✓		✓	
		<i>Studio caso-controllo</i> - Riportare il numero di ciascuna categoria di esposizione o le misure riassuntive di esposizione		✓			×	✓		✓		✓
		<i>Studio trasversale</i> - Riportare il numero degli eventi di esito o le misure riassuntive										
Risultati principali	16	a) Fornire le stime non aggiustate e, se applicabile, le stime aggiustate per i fattori di confondimento e la loro precisione (ad es., intervallo di confidenza al 95%). Chiarire per quali fattori di confondimento è stato eseguito l'aggiustamento e perché sono stati inclusi.	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓ ×

		b) Riportare i limiti delle categorie quando vengono categorizzate le variabili continue.	/	✓	/	/	✓	/	✓	×	✓	×
		c) Se rilevante, considerare di tradurre le stime di rischio relativo in rischio assoluto per un periodo di tempo significativo.	/	/	/	×	×	×	×	/	×	/
Altre analisi	17	Riportare le altre analisi eseguite – ad es., analisi di sottogruppi e interazioni e analisi di sensibilità	/	/	/	/	/	✓	/	✓	✓	✓
								×		×	×	×
DISCUSSIONE												
Risultati principali	18	Riassumere i risultati principali in relazione agli obiettivi dello studio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Limiti	19	Discutere i limiti dello studio, tenendo conto delle eventuali fonti di errori sistematici (bias) o imprecisioni. Discutere sia la direzione sia le dimensioni di tutti i potenziali errori sistematici (bias)	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
Interpretazione	20	Fornire una prudente interpretazione globale dei risultati, tenendo in considerazione gli obiettivi, i limiti, la molteplicità delle analisi, i risultati ottenuti in studi simili e altre evidenze rilevanti	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓
				×								×
Generalizzabilità	21	Discutere la generalizzabilità (validità esterna) dei risultati dello studio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×
				×	×					×		
ALTRE INFORMAZIONI												
Finanziamento	22	Indicare le fonti di finanziamento e il ruolo dei finanziatori nello studio attuale e, se applicabile, nello studio originale su cui si basa l'articolo attuale	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	×	×	✓

Dignenen *et al.* (2015)³ nel loro studio hanno cercato di stabilire se il single-leg drop vertical jump (SLDVJ) potesse essere utilizzato per identificare i pazienti a rischio di infortunio da non contatto nel ginocchio. Sono state reclutate 50 atlete di alto livello che non avessero avuto storia di infortuni agli arti inferiori (no storia di infortuni alle ginocchia, no interventi chirurgici agli arti inferiori, no infortuni agli AI negli ultimi 3 mesi, no Chronic Ankle Instability). Dopo la standardizzazione del vestiario e del setting, ogni partecipante ha effettuato un riscaldamento con squat (2x8) e salti (2x5) per poi eseguire il test. Alle partecipanti è stato chiesto di scendere da un box di 10 cm con una gamba, seguito da un salto in verticale alla massima altezza raggiungibile con la stessa gamba. Le atlete avevano come obiettivo quello di raggiungere un target a 3 metri di altezza con entrambe le mani. Il test è stato filmato con un video bidimensionale che è stato usato per analizzare flessione dell'anca, valgismo del ginocchio e spostamento laterale del tronco. Il tempo perso durante la stagione per lesioni da non contatto è stato registrato durante un anno di follow-up. 7 partecipanti hanno accusato un infortunio da non contatto del ginocchio. La combinazione di valgismo del ginocchio (angolo KV) e spostamento laterale del tronco (angolo LTM) è stata significativamente minore sia nel test dell'AI infortunato ($P=0,036$) sia in quello sano ($P=0,009$) nel gruppo delle "future infortunate". Questi due parametri possono essere analizzati in un video bidimensionale per identificare le atlete di genere femminile con un aumentato rischio di lesione da non contatto.

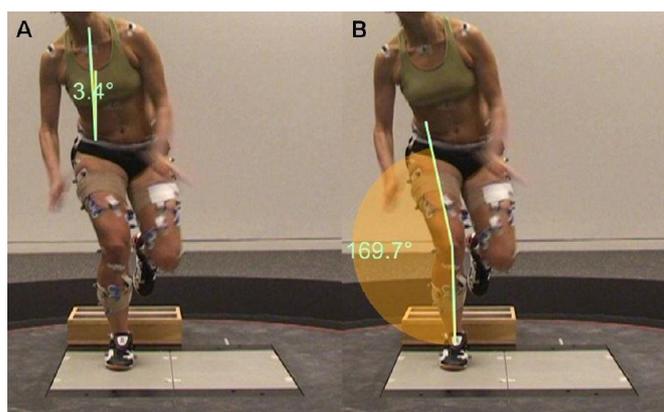


Figura 5. A) Angolo LTM; B) Angolo KV.

I punti di forza di questo studio sono principalmente legati alla qualità dell'elaborato: presenza del diagramma di flusso per descrivere i soggetti in ogni fase dello studio, presentazione dettagliata delle variabili analizzate e ampia discussione riguardo interpretazioni e limiti dello studio. Purtroppo il campione valutato è di piccola grandezza

per uno studio prospettico e la popolazione inclusa praticava sport diversi che potevano alterare le strategie di salto o il rischio di infortunio.

*Doherty et al. (2014)*⁴ hanno effettuato uno studio per valutare i potenziali movimenti adattativi associati ad una distorsione acuta di caviglia con coinvolgimento del compartimento laterale (acute lateral ankle sprain, LAS). Sono stati reclutati 30 pazienti con LAS entro 2 settimane dall'infortunio, e sono stati valutati e confrontati al gruppo di controllo (19 pz.), rispetto un drop vertical jump (DVJ) da un box di 40 cm. I partecipanti erano valutati con Codamotion (CODA, un impianto per l'analisi del passo e degli arti inferiori) grazie all'utilizzo di 22 markers agli infrarossi posizionati sul corpo. Ad ogni paziente è stato chiesto di scendere dal box con le mani sui fianchi atterrando con entrambi i piedi (fase 1) per poi eseguire immediatamente un salto in verticale alla massima altezza, sempre con le mani sui fianchi (fase 2). Sono stati analizzati i movimenti in 3D e il profilo sul piano sagittale di anche, ginocchia e caviglie durante le fasi 1 e 2 del DVJ, inoltre è stata valutata la simmetria tra gli arti inferiori e il Rate of Force Development (RFD).

Il gruppo con distorsione alla caviglia ha mostrato una ridotta flessione plantare dell'arto infortunato durante la seconda fase, determinando così una maggiore asimmetria nel movimento. Nel gruppo LAS è stato possibile osservare anche una marcata asimmetria,

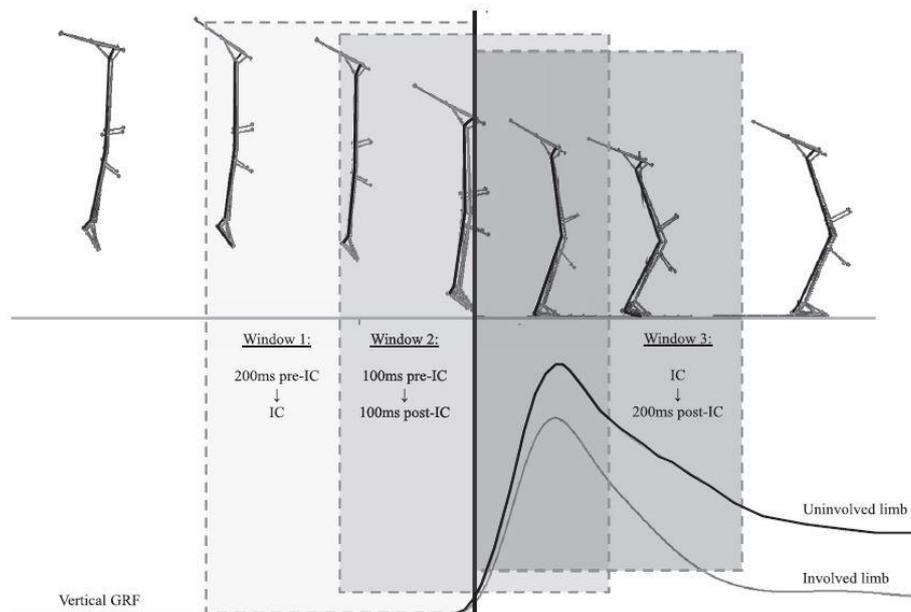


Figura 6. Illustrazione del modello di elaborazione della fase 1 e 2 del DVJ in correlazione ad angoli articolari e al Ground Reaction Force.

sul piano sagittale, delle anche in entrambe le fasi del DVJ che è associata ad una riduzione del Rate of Force Development durante la fase di salto.

Questo studio metodologicamente presenta delle pecche: non vengono illustrate le modalità utilizzate per ridurre le possibili fonti di bias e non vengono discussi i limiti dell'indagine. I punti di forza di questo studio sono l'analisi dei dati e la gestione delle variabili interessate.

*Grindem et al. (2011)*¹ hanno ipotizzato che i single-legged hop tests potessero predire il risultato del questionario auto-valutativo per le funzioni del ginocchio (IKDC 2000) ad 1 anno di distanza nei pazienti con rottura di LCA trattati in modo conservativo. 91 pazienti sono stati testati su 4 single-legged hop test in media dopo 74±30 giorni dall'infortunio identificando la baseline per lo studio prospettivo di coorte in atto. 88 partecipanti hanno completato il questionario IKDC 2000 1 anno dopo. Dai risultati si evince che i pazienti che hanno avuto un esito del questionario compreso nei livelli di normalità, hanno eseguito alla baseline un single hop for distance con un miglior indice di simmetria rispetto a chi ha riscosso un risultato di IDKC 2000 sotto i valori normali. La combinazione di più tests non aumenta l'accuratezza della discriminazione. Il punto di cutoff con il più alto prodotto di sensibilità e specificità è stato identificato all'88% del Limb Symmetry Index.

Baseline Single-Legged Hop Tests	Odds Ratio (95% CI)	P Value
Single hop for distance LSI	1.060 (1.004-1.119)	.036
Crossover hop for distance LSI	1.025 (0.979-1.073)	.289
Triple hop for distance LSI	1.027 (0.979-1.078)	.269
6-m timed hop LSI	1.035 (0.986-1.087)	.165

^aCI, confidence interval; LSI, limb symmetry index.

Figura 7. Risultati della regressione lineare tra gli hop tests e la funzionalità self reported ad 1 anno di follow-up.

I punti di forza di questo studio sono legati alla descrizione delle procedure utilizzate, alla valutazione dei partecipanti, alla presenza del digramma di flusso nel corso del follow-up e all'interpretazione dei risultati, tuttavia, lo studio non ha dichiarato esplicitamente gli sforzi volti a considerare le possibili fonti di bias.

Larsen et al. (2016)⁸ hanno proposto uno studio con lo scopo di esaminare se una determinata performance motoria fosse un fattore di rischio per infortuni traumatici o da sovraccarico agli arti inferiori nei bambini sani. Sono stati inclusi 1244 partecipanti tra gli 8 e 14 anni e sono stati valutati con test motori quali equilibrio statico, single leg hop for distance, core stability tests, vertical jump (Abalakow's), shuttle run e test cardiorespiratorio per l'attività sportiva. I bambini sono stati seguiti con un follow up a 15 mesi. I risultati mostrano che: uno scarso equilibrio è un considerevole fattore di rischio per gli infortuni traumatici, soprattutto a carico della caviglia (IRR = 1.09 – 1.15); buoni risultati ai test di core stability, vertical jump e shuttle run sono associati positivamente agli infortuni traumatici e da sovraccarico sempre nella regione del piede (IRR = 1.12 – 1.16); una buona performance del single leg hop for distance sembra essere un fattore protettivo rispetto gli infortuni traumatici del ginocchio (IRR = 0.66 – 0.68).

	Total Traumatic Injuries, Lower Extremity		Knee Injuries		Foot/Ankle Injuries	
	Standardized IRR, ^a Unadjusted (95% CI)	Standardized IRR, ^a Adjusted (95% CI)	Standardized IRR, ^a Unadjusted (95% CI)	Standardized IRR, ^a Adjusted (95% CI)	Standardized IRR, ^a Unadjusted (95% CI)	Standardized IRR, ^a Adjusted (95% CI)
Sway bilateral stance, EO	1.10 (1.04–1.17) ^{b,*}	1.06 (1.001–1.13) ^{b,d,e,*}	1.05 (0.88–1.27) ^b	1.06 (0.89–1.26) ^{b,e}	1.14 (1.06–1.23) ^{b,d,*}	1.09 (1.01–1.17) ^{b,d,e,*}
Sway, dominant leg, EO	1.05 (0.92–1.20) ^{b,d}	1.04 (0.94–1.15) ^{b,d,e}	1.08 (0.92–1.27) ^b	1.08 (0.93–1.27) ^e	1.06 (0.89–1.27) ^{b,d}	1.04 (0.91–1.20) ^{b,d,e}
Sway nondominant leg, EO	1.13 (1.05–1.23) ^{b,d,*}	1.09 (1.02–1.17) ^{b,d,e,*}	1.14 (0.98–1.31) ^{**}	1.14 (0.99–1.32) ^{e,**}	1.15 (1.04–1.27) ^{b,d,*}	1.09 (1.01–1.17) ^{b,d,e,*}
Sway, bilateral stance, EC	1.10 (1.01–1.20) ^{b,d,*}	1.06 (0.99–1.14) ^{b,d,e,**}	1.07 (0.91–1.27)	1.08 (0.91–1.28) ^{b,e}	1.14 (1.03–1.26) ^{b,d,*}	1.08 (0.99–1.18) ^{b,d,e,**}
Agility run	1.03 (0.87–1.22) ^{b,d,e}	1.04 (0.89–1.22) ^{b,d,e}	0.98 (0.73–1.31)	0.99 (0.74–1.31) ^e	0.97 (0.81–1.16) ^{c,d}	0.98 (0.82–1.16) ^{b,d,e}
Prone bridge	1.15 (1.04–1.27) ^{b,d,*}	1.11 (0.98–1.25) ^{b,d,e,**}	1.07 (0.90–1.27)	1.06 (0.89–1.27) ^e	1.16 (1.03–1.29) ^{b,d,*}	1.09 (0.97–1.22) ^{b,d,e}
Side bridge	1.08 (0.96–1.21) ^{b,d}	1.04 (0.94–1.15) ^{b,d,e}	0.84 (0.59–1.20)	0.83 (0.59–1.18) ^e	1.14 (1.02–1.28) ^{b,d,*}	1.08 (0.98–1.17) ^{b,d,e,**}
Single leg hop, dominant leg	0.95 (0.78–1.16) ^b	0.96 (0.79–1.17) ^{b,e}	0.66 (0.51–0.84) ^{b,*}	0.68 (0.53–0.87) ^{b,e,*}	1.06 (0.84–1.34) ^{b,d}	1.08 (0.85–1.37) ^{b,d,e}
Single leg hop, nondominant leg	1.06 (0.88–1.27) ^{b,d}	1.05 (0.87–1.26) ^{b,d,e}	0.85 (0.59–1.21)	0.87 (0.60–1.25) ^e	1.07 (0.88–1.30) ^{b,d}	1.05 (0.87–1.26) ^{b,d,e}
Andersen	1.06 (0.84–1.34) ^b	1.05 (0.83–1.33) ^{b,e}	0.95 (0.60–1.50)	0.92 (0.61–1.39) ^e	1.10 (0.84–1.46) ^b	1.08 (0.82–1.43) ^{b,e}
Vertical jump	1.08 (0.99–1.18) ^{b,d,**}	1.05 (0.97–1.13) ^{b,d,e}	1.03 (0.85–1.25)	1.04 (0.86–1.26) ^e	1.12 (1.01–1.25) ^{b,d,*}	1.08 (0.98–1.18) ^{b,d,e}

Figura 8. Rischio di infortuni di origine traumatica.

Dal punto di vista metodologico questo studio ha molti punti di forza come una grande dimensione del campione, un ottimo sistema di valutazione del follow-up e una completa descrizione di risultati e limiti. I suoi punti deboli, tuttavia, sono che non considera l'utilizzo di un diagramma di flusso, non fornisce chiare indicazioni riguardo i criteri di eleggibilità e non trasla le stime di rischio relativo in rischio assoluto, fondamentali per uno studio di questo tipo.

Mann *et al.* (2013)⁹ hanno voluto esaminare i fattori di rischio che potevano predire la severità di anomalie del tendine patellare (PTA, parte dei criteri diagnostici per tendinopatia patellare) in giocatori di basket pre-elite junior. Sono stati reclutati 20 partecipanti, 10 con PTA ($24 \pm 20 \text{ mm}^2$ area tendine) e 10 accoppiati come controllo, con età media di 17 anni e sono stati valutati con VISA score, composizione corporea, flessibilità degli arti inferiori e massimo vertical jump prima di eseguire 5 stop jump consecutivi. Lo stop-jump è un'azione che consiste nell'eseguire, dopo una fase di accelerazione a circa 5 m/s per 10 metri, un salto in orizzontale atterrando con entrambi i piedi, seguito immediatamente da un salto in verticale alla massima altezza (cercando di raggiungere un target posto a 3 metri). Tutti i salti sono stati registrati in 2 e 3 dimensioni per valutare i movimenti di ogni articolazione. I risultati mostrano che una ridotta flessibilità dei quadricipiti, del ROM dell'anca e della flessione del ginocchio durante il contatto iniziale dello stop-jump sono predittori di presenza di PTA e, assieme al VISA score, danno una stima della severità. Lo studio in questione permette di usare queste variabili come criterio di screening per identificare atleti a rischio di sviluppo di tendinopatia patellare.

Variable	Normal Tendon	PTA
PTA measurement (mm ²)		
PTA area		24.0 ± 20
Three-dimensional joint angles (°)		
Knee flexion at IC	26.5 ± 5.6	34.3 ± 8.4
Hip flexion at IC	45.0 ± 9.7	54.1 ± 9.8
Trunk flexion at IC	10.8 ± 7.9	-8.7 ± 7.0
Knee flexion at Knee _{Max}	75.3 ± 10.6	76.1 ± 8.0
Hip flexion at Knee _{Max}	51.0 ± 9.7	46.5 ± 6.1
Trunk flexion at Knee _{Max}	5.6 ± 9.1	3.4 ± 6.8
Hip flexion ROM	-6.1 ± 8.0	7.6 ± 6.3
Two-dimensional joint angles (°)		
Knee flexion at IC	29.8 ± 6.5	34.8 ± 9.3
Hip flexion at IC	46.8 ± 11.1	56.8 ± 10.5
Trunk flexion at IC	9.7 ± 9.2	2.8 ± 9.1
Knee flexion at Knee _{Max}	81.7 ± 5.7	73.1 ± 11.3
Hip flexion at Knee _{Max}	46.3 ± 10.7	41.0 ± 7.9
Trunk flexion at Knee _{Max}	18.7 ± 12.2	12.1 ± 6.7
Hip flexion ROM	0.4 ± 7.1	17.3 ± 7.5
Other risk factors		
VISA	95.3 ± 4.9	90.8 ± 13.3
BF (%)	11.7 ± 4.6	13.3 ± 5.4
BF (g)	9042 ± 5100	11,340 ± 5782
Vertical jump (cm)	51.5 ± 6.4	54.7 ± 7.8
Dorsiflexion (cm)	11.5 ± 3.6	10.3 ± 1.6
Hamstring flexibility (°)	101.3 ± 8.5	91.3 ± 27.2
Quadriceps flexibility (°)	47.4 ± 6.6	63.3 ± 19.0

Figura 9. Variabili studiate correlate alla presenza di PTA.

I fattori di debolezza dell'articolo sono la ridotta dimensione del campione e il limitato chiarimento dei criteri di eleggibilità dei soggetti.

I punti di forza di questo studio sono un buon accoppiamento della popolazione studiata rispetto al controllo e un accurato resoconto di risultati, limiti e implicazioni.

Noyes *et al.* (1991)¹⁰ hanno proposto uno studio che valutava la sensibilità di 4 differenti one-legged hop tests, con l'obiettivo di determinare le alterazioni dell'arto inferiore legate alla rottura del legamento crociato anteriore. Sono stati reclutati 67 pazienti con rottura di LCA e sono stati esaminati sui 4 tests proposti: single hop for distance, timed hop, triple hop for distance e cross-over hop for distance. Il 50 % dei pazienti ha mostrato asimmetria tra i due arti inferiori nel single hop test. Questi tests hanno un basso indice di sensibilità, ma l'alta specificità (97%) e il ridotto numero di falsi positivi consente loro di essere usati per confermare un sospetto deficit nella funzione degli arti inferiori. Risulta utile anche sottolineare che esiste un'associazione positiva tra la simmetria degli AI agli hop tests e il test del quadricipite a bassa velocità isocinetica.

Test	Single hop		Timed hop	
	Current study	1987 study	Current study	1987 study
Sensitivity	52	51	49	43
Specificity	97	97	94	94
False-negative rate	48	49	51	57
False-positive rate	3	3	6	6
Positive predictive value	92	86	85	71
Negative predictive value	74	84	72	82

Figura 10. Sn e Sp di Single hop for distance e timed hop.

Metodologicamente parlando questo studio presenta diverse carenze: non chiarisce soddisfacentemente le ipotesi iniziali, non descrive il contesto e non indica le caratteristiche della popolazione studiata. D'altra parte, presenta degli adeguati criteri di eleggibilità e argomenta adeguatamente limiti e generalizzabilità del suo lavoro.

O'Kane *et al.* (2015)¹¹ hanno sviluppato uno studio di coorte per determinare il range di normalità della separazione delle ginocchia normalizzata (NKS, distanza di separazione delle ginocchia diviso per la distanza di separazione delle anche) nelle giocatrici di calcio femmine in età perimenarcale e per determinare se una ridotta NKS potesse essere un fattore di rischio per gli infortuni agli arti inferiori o alle ginocchia. 351 partecipanti, di età compresa tra gli 11 e i 14 anni, sono state reclutate e seguite con un follow up di una stagione. Tutte le atlete hanno effettuato un drop-jump da un box di 30 cm dal quale sono

stati ricavati i dati riguardo al NKS al momento prima dell'atterraggio, all'atterraggio e al momento di stacco. Le atlete sono state divise in due gruppi, quelle con NKS < del decimo percentile e quelle con NKS > 10° percentile. 134 giocatrici hanno sperimentato 173 infortuni agli arti inferiori, 43 a carico delle ginocchia. I risultati mostrano che le atlete postmenarcali, appartenenti al primo gruppo, avevano il 92% di aumento del rischio di accusare infortuni agli arti inferiori (RR, 1.92; 95% CI, 1.17-3.15) e un rischio di incorrere in infortuni al ginocchio 3.62 volte maggiore rispetto alle partecipanti con NKS > 10° percentile (RR, 1.92; 95% CI, 1.17-3.15). Una ridotta separazione delle ginocchia normalizzata è associata ad un aumento del rischio di andare incontro ad infortuni agli arti inferiori e alle ginocchia nelle giocatrici di calcio postmenarcali.

Normalized Knee Separation ^a	Prelanding	Landing	Takeoff
Mean ± SD	54.2 ± 12.9	41.4 ± 15.6	44.5 ± 15.2
Range	16.5-107.4	15.3-124.2	15.7-121.4
Cumulative distribution percentile			
10	38.7	25.6	28.4
20	44.5	29.4	32.2
30	47.7	32.5	35.8
40	50.7	34.8	38.4
50	53.2	37.4	41.7
60	56.2	41.4	45.4
70	59.6	45.8	49.5
80	64.2	52.6	54.5
90	70.2	61.3	63.8

Figura 11. Statistiche descrittive e distribuzione cumulativa del NKS nel DJ tra le giocatrici, 2008-2012.

I punti di forza di questo studio sono un'ottima descrizione del contesto, valide premesse e ipotesi nell'introduzione e una buona dimensione del campione.

I punti deboli sono la poca chiarezza dei criteri di eleggibilità ed il mancato uso di un diagramma di flusso.

*Petschnig et al. (1998)*¹² hanno effettuato uno studio con i seguenti scopi: determinare se si potesse usare come termine di paragone l'arto inferiore non coinvolto nei pazienti post ACL-R; determinare le differenze tra arto infortunato e quello non coinvolto nei pazienti post ricostruzione del legamento crociato anteriore; esaminare la relazione tra forza degli estensori del ginocchio e 4 tests funzionali (one-legged e two-legged vertical jump, single- e triple-hop test); determinare se il one-legged rebound vertical jump potesse dare più informazioni riguardo lo stato delle ginocchia rispetto a qualunque altro test

funzionale. La popolazione di studi è stata divisa in 3 gruppi: 50 soggetti sani (gruppo A), 30 pazienti a 13 settimane dall'intervento (gruppo B) e 25 a 54 settimane dall'intervento (gruppo C). Basandosi sui risultati dello studio risulta che: l'arto inferiore non coinvolto può essere usato come controllo per i vari test; c'è correlazione tra l'altezza del one-legged vertical jump e la forza degli estensori del ginocchio a bassa velocità; il one-legged vertical jump può individuare alterazioni di simmetria agli arti inferiori fino a 54 settimane dopo l'operazione di ricostruzione del LCA.

	Vertical Jump	Single Hop	Triple Hop	Peak Torque
Specificity	96	98	96	94
False-positive rate	4	2	4	6

	Group B	Group C						
Sensitivity	100	72	93	28	90	16	100	64
False-negative rate	0	28	7	72	10	84	0	36

Figura 11. Risultati di specificità, sensibilità, falsi negativi e falsi positivi rispettivamente di VJ, SLHD e test isocinetici.

L'articolo presenta carenze nei tratti legati alla descrizione del contesto e nell'approssimazione con cui esprime i limiti e la generalizzabilità dello studio, d'altro canto esprime in modo chiaro obiettivi e criteri di eleggibilità.

*Pinczewski et al. (2007)*¹³ hanno disegnato uno studio prospettivo di coorte in cui valutavano, a distanza di 2,5,7 e 10 anni, 180 pazienti operati di ricostruzione del legamento crociato anteriore (90 tendine patellare e 90 tendine degli ischiocrurali). Tutti i partecipanti sono stati valutati con test soggettivi (questionario IKDC), oggettivi (lassità del legamento con KT-100, single hop for distance, misurazione del gonfiore) e radiografici. I risultati mostrano che entrambi i metodi di ricostruzione ottengono eccellenti risultati, ma gli autori raccomandano l'uso di semitendinoso e gracile perché ha meno impatto sul sito di prelievo e perché è meno associato alla comparsa di lieve artrosi del compartimento mediale rispetto all'uso del tendine patellare. È importante sottolineare che per quanto riguarda l'obiettivo della ricerca, un single-legged hop test con risultati < 90% rispetto al controlaterale ad un anno dall'intervento aumenta il rischio di sviluppo di una forma lieve di artrosi.

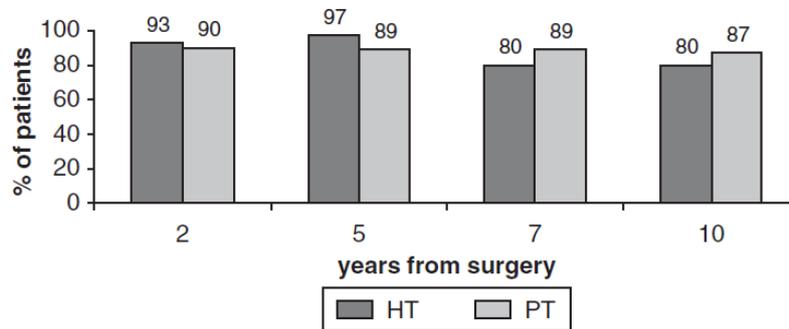


Figura 12. Percentuale di pazienti del gruppo Hmastring Tendon e Patellar Tendon in grado di raggiungere un LSI > 90% ai vari follow-up.

Questo studio presenta molti fattori positivi, tra i quali la rilevazione delle variabili considerate e la durata e frequenza dei follow-up; presenta pochi fattori negativi, quali limitate descrizioni delle caratteristiche dei partecipanti e mancata presenza di un diagramma di flusso.

Quagliarella et al. (2011)¹⁴ ha disegnato uno studio che mirava a verificare la possibilità di discriminare gli effetti dell'allenamento e dell'età nei giovani adulti maschi giocatori di calcio, usando il tempo di volo nel salto, il picco di forza o il picco di potenza ottenuta da un counter movement jump. Sono stati reclutati 123 partecipanti, divisi in gruppi per età (pre-, post- puberale) e per livello di attività (alta, bassa) e sono stati valutati su una pedana di forza per ottenere le informazioni necessarie. Dopo la normalizzazione dei parametri antropometrici, solo il tempo di volo e il picco di forza mostrano differenze tra i livelli di attività. Gli autori pongono l'accento sul fatto che il parametro più sensibile per riscontrare differenze legate all'allenamento e all'età è il tempo di volo durante il salto.

		T_f	F_{max}	P_{max}
Before detrending	Age	< 0.0005	< 0.0005	< 0.0005
	Level	0.007	0.897	0.148
After detrending	Age	0.597	0.411	0.589
	Level	0.004	0.854	0.030

Figura 13. Tempo di volo, picco di forza e picco di potenza correlati ad età e livello di allenamento.

Questo studio presenta molteplici carenze, come la limitata descrizione del contesto e la mancata discussione dei limiti. I punti di forza sono legati alla rilevazione dei dati e alle interazioni dei sottogruppi.

DISCUSSIONE

I single legged hop tests sono i più utilizzati negli articoli analizzati (compaiono in 5 articoli su 10): tra questi il più accreditato risulta essere il Single Legged Hop for Distance che si rivela un valido strumento di misura per evidenziare deficit di simmetria degli arti inferiori (LSI normale > 85% secondo *Grindem*¹ e *Noyes*¹⁰, con specificità al 97%) e, parallelamente, per stimare la forza degli estensori del ginocchio, essendo le due misure associate positivamente¹⁰. Grazie allo studio di *Pinczewski*, l'hop for distance è stato identificato come un possibile metodo per valutare il rischio di sviluppare artrosi lieve al compartimento mediale del ginocchio in una popolazione sottoposta a ricostruzione del legamento crociato con tendine patellare e tendine degli ischiocrurali¹³. L'ultimo studio che prende in considerazione il test sopracitato è quello di *Larsen*⁸, il quale risulta essere anche l'unico articolo che ha come campione una popolazione di bambini sani tra gli 8 e i 14 anni. Gli autori confermano l'utilizzo del SLHD come fattore prognostico positivo per la diminuita possibilità di incorrere in infortuni traumatici del ginocchio.

Nonostante i buoni valori di ripetibilità test/retest (0.8) che lo rendono un buono strumento di misura, non si può dire lo stesso della ripetibilità inter-operatore: infatti il SLHD è proposto diversamente nei vari studi, dal metodo di valutazione (media tra 2 prove / migliore tra 3 prove) al punto dove misurare l'atterraggio, dall'utilizzo o meno degli arti superiori alla preparazione al salto.

Questo tipo di test funzionali dovrebbe possedere alcune proprietà indispensabili a renderli dei veri e propri strumenti di misura, ovvero caratteristiche come validità, ripetibilità e reattività. La revisione sistematica di *Hegedus et al.*¹⁷ ci aiuta a fare chiarezza, infatti i risultati dello studio pongono l'accento sulla scarsità di evidenza riguardo le proprietà di misurazione di questi test e insistono nell'indicare la bassa qualità metodologica degli articoli analizzati. L'unica proprietà di misura supportata da studi di buona validità scientifica sembra essere la reattività interna del test, in quanto il risultato ottenuto dal paziente migliora al progredire della riabilitazione.

Per quanto riguarda i Drop Vertical Jump, si trova riscontro della loro efficacia come metodo di valutazione del rischio di incorrere in infortuni da non contatto del ginocchio nelle atlete postmenarcali nello studio di *O'Kane (2015)*¹¹, calcolando il Normalized

Knee Separation e, se eseguito con una sola gamba da un box di 10 cm, anche nello studio di *Dignenen et al. (2015)*³ dove invece si evidenziano valgismo del ginocchio e lateralizzazione del tronco come elementi fondamentali per individuare le atlete a rischio. Questo test ci fornisce indicazioni riguardo lo stato del Rate of Force Development nel salto dei pazienti che hanno subito una distorsione della caviglia con coinvolgimento del compartimento laterale, in quanto correlato all'asimmetria sul piano sagittale nell'esecuzione della prova⁴. Il risultato ottenuto sempre da *Doherty et al.*, riguarda i movimenti associati adattativi della popolazione studiata durante un DVJ, ma per stabilire se questi possano diventare un pattern maladattativo nel tempo sarebbe necessario un disegno di studio di tipo longitudinale.

L'utilizzo di questo test è limitato dalla difficoltà con cui si possono raccogliere le informazioni riguardanti il salto, infatti per ottenerle è necessario utilizzare delle videocamere per riprese in 2D e 3D che permettano l'analisi dei dati, dispositivi non sempre disponibili nel quotidiano.

Il Drop Vertical Jump, come il Single Leg Hop For Distance, è proposto in diverse modalità negli studi: altezza del box 10cm - 30cm - 40 cm, mani appoggiate a livello delle anche o che cercano di raggiungere un target ad un'altezza prefissata e, come riportato nella fase introduttiva dell'elaborato, il solo cambio delle indicazioni verbali può modificare il risultato del test. È necessario quindi stabilire una standardizzazione adeguata per poter ottenere le informazioni volute senza il rischio di incorrere in errori procedurali.

Il Vertical Jump proposto da *Abalkov* nello studio di *Larsen et al. (2016)*⁸ risulta essere un fattore di rischio nei bambini tra gli 8 e i 14 anni per gli infortuni traumatici delle ginocchia. Se lo stesso test è eseguito in appoggio monopodalico e con le mani sulle anche (versione proposta da *Tkac et al.*¹⁶) può, secondo *Petschnig et al. (1998)*¹², individuare alterazioni di simmetria agli arti inferiori fino a 54 settimane post ricostruzione del legamento crociato negli adulti e può darci una indicazione riguardo la forza degli estensori del ginocchio se misuriamo l'altezza di elevazione.

Per quanto riguarda il Counter Movement Jump *Quagliarella*¹⁴ lo classifica come un valido strumento di valutazione della performance fisica, constatando nei risultati che

il tempo di volo del salto risulta essere il parametro più sensibile per discriminare i livelli di allenamento.

L'ultimo test di salto analizzato in questa revisione è lo stop jump proposto nello studio di *Mann et al. (2013)*⁹. Questa prova si rivela uno strumento adatto a valutare un aumento del rischio di sviluppare una tendinopatia patellare nei giocatori di basket pre-elite se si riscontrano nell'esecuzione una ridotta flessibilità del quadricipite, un ridotto ROM di flessione dell'anca e di flessione del ginocchio.

Questo test è in assoluto quello più complesso da eseguire, infatti prevede un'accelerazione in linea retta, un salto in orizzontale e uno in verticale, tutte variabili difficili da controllare nelle ripetizioni della prova e che necessitano di vari apparecchi di videoregistrazione per ottenere tutti i dati voluti.

L'indagine svolta dà un'idea rispetto l'utilizzo dei test di salto ma, vista la qualità metodologica degli articoli, si raccomanda cautela nel effettuare conclusioni cliniche basate completamente sui loro risultati. Ulteriori studi riguardanti quest'argomento sono necessari per stabilire il corretto utilizzo dei test di salto all'interno della pratica riabilitativa.

LIMITI

Il lavoro di selezione degli studi e di valutazione della qualità metodologica è stato svolto da un unico revisore.

Molti degli studi presentano lacune dal punto di vista metodologico e in questa revisione la qualità degli articoli è stata valutata attraverso una checklist utilizzata per la stesura dei lavori e non nata per valutarne la qualità metodologica.

La ricerca è stata limitata al solo database di Medline, questo porta con sé la possibilità di aver trascurato alcune informazioni riguardo i test di salto o di aver completamente perso records utili alla stesura dell'elaborato.

CONCLUSIONI

I test di salto rappresentano uno strumento utile in ambito riabilitativo. Il loro utilizzo principale sembra essere quello di misura di outcome dopo un evento lesivo come rottura di LCA, inoltre possono dare caute indicazioni riguardo fattori predisponenti ad infortuni al ginocchio.

La diversità d'esecuzione con la quale vengono proposti questi test funzionali limita la ripetibilità degli stessi e la generalizzabilità dei risultati ottenuti.

L'utilizzo di un test di salto come strumento diagnostico o prognostico deve essere ponderato in base ai risultati dei test complementari.

In letteratura sono presenti diversi studi riguardanti i test di salto ma la loro correlazione con diversi quadri patologici è confermata solo parzialmente, vista la carenza metodologica di alcuni articoli.

KEY POINTS

- Il single leg hop for distance sembra essere una valida misura di outcome per valutare il progresso riabilitativo nei pazienti sottoposti a ricostruzione del legamento crociato.
- L'analisi del Drop Vertical Jump, mono e bipodalico, permette di valutare rispettivamente *Normalized Knee Separation*, valgismo del ginocchio e spostamento laterale del tronco, caratteristiche del salto che possono essere un fattore di rischio per le lesioni dal non contatto del ginocchio.
- È necessario approfondire l'argomento con studi di qualità metodologica maggiore per ottenere maggiori evidenze sul corretto utilizzo dei test di salto all'interno della pratica riabilitativa.

BIBLIOGRAFIA

1. Grindem, H., Logerstedt, D., Eitzen, I., Moksnes, H., Axe, M. J., Snyder-Mackler, L., Risberg, M. A. (2011). *Single-Legged Hop Tests as Predictors of Self-Reported Knee Function in Nonoperatively Treated Individuals With Anterior Cruciate Ligament Injury*. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(11), 2347–2354.
2. Xergia SA, Pappas E, Zampeli F, Georgiou S, Georgoulis AD. (2013) *Asymmetries in functional hop tests, lower extremity kinematics, and isokinetic strength persist 6 to 9 months following anterior cruciate ligament reconstruction*. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013 Mar;43(3):154-62
3. Dingenen, Bart, Malfait, Bart, Nijs, Stefaan, Peers, Koen H.E., Vereecken, Styn, Verschueren, Sabine M.P., Staes, Filip F. (2015), *Can two dimensional video analysis during single-leg drop vertical jumps help identify non-contact knee injury risk? A one-year prospective study*, *Clinical Biomechanics* (2015).
4. Doherty C., Bleakley C., Hertel J., Sweeney K., Caulfield B., Ryan J., Delahunt E. (2014), *Lower extremity coordination and symmetry patterns during a drop vertical jump task following acute ankle sprain*. *Hum Mov Sci*. 2014 Dec;38 34-46.
5. Anne Fältström, Martin Hägglund and Joanna Kvist (2016) *Functional Performance Among Active Female Soccer Players After Unilateral Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Compared With Knee-Healthy Controls* *Am J Sports Med*, October 6, 2016
6. Tomoya Ishida, Masanori Yamanaka, Naoki Takeda, Kentaro Homan, Yuta Koshino, Takumi Kobayashi, Hisashi Matsumoto, Yoshimitsu Aoki (2013) *The effect of changing toe direction on knee kinematics during drop vertical jump: a possible risk factor for anterior cruciate ligament injury*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (2015) 23:1004–1009.
7. M. J. Jordan, P. Aagaard, W. Herzog (2014) *Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: A comparison between ski racers with and without ACL reconstruction* *Scand J Med Sci Sports* 2014.

8. Larsen LR, Kristensen PL, Junge T, Møller SF, Juul-Kristensen B, Wedderkopp N. (2016) *Motor Performance as Risk Factor for Lower Extremity Injuries in Children* Med Sci Sports Exerc. 2016 Jun;48(6):1136-43.
9. Mann KJ, Edwards S, Drinkwater EJ, Bird SP (2013) *A lower limb assessment tool for athletes at risk of developing patellar tendinopathy.* Med Sci Sports Exerc. 2013 Mar;45(3):527-33
10. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. (1991) *Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture.* Am J Sports Med. 1991 Sep-Oct;19(5):513-8.
11. O'Kane JW, Tencer A, Neradilek M, Polissar N, Sabado L, Schiff MA. (2015) *Is Knee Separation During a Drop Jump Associated With Lower Extremity Injury in Adolescent Female Soccer Players?* Am J Sports Med. 2016 Feb;44(2):318-23
12. Petschnig R, Baron R, Albrecht M. (1998) *The relationship between isokinetic quadriceps strength test and hop tests for distance and one-legged vertical jump test following anterior cruciate ligament reconstruction.* J Orthop Sports Phys Ther. 1998 Jul;28(1):23-31.
13. Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J. (2007) *A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial.* Am J Sports Med. 2007 Apr;35(4):564-74
14. Quagliarella L, Sasanelli N, Belgiovine G, Accettura D, Notarnicola A, Moretti B. (2011) *Evaluation of counter movement jump parameters in young male soccer players.* J Appl Biomater Biomech. 2011 Jan-Apr;9(1):40-6
15. Munro AG., Herrington LC. (2011) *Between-session reliability of four hop tests and the agility T-test.* J Strength Cond Res. 2011 May;25(5):1470-7.
16. Tkac M, Hamar D, Komadel L, Kuthanova (1990) *Measurement of anaerobic power of the lower limbs by a method of repeated vertical jumps.* Sports Training Med Rehabil 1 (3):3 17-325, 1990
17. Hegedus EJ., McDonough S., Bleakley C., Cook CE., Baxter GD. *Clinician-friendly lower extremity physical performance measures in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury, part 1. The tests*

- for knee function including the hop tests.* Br J Sports Med. 2015 May;49(10):642-8.
18. Cruz-Ferreira AM., Cruz-Ferreira EM., Silva JD., Ferreira RM., Santiago LM., Taborda-Barata L (2016) *Epidemiology of injuries in Portuguese senior male rugby union sevens: a cohort prospective study.* Phys Sportsmed. 2018 May;46(2):255-261.
 19. Karsten Hollander, Kai Wellmann, Christine zu Eulenburg, Klaus-Michael Braumann, Astrid Junge, Astrid Zech (2018) *Epidemiology of injuries in outdoor and indoor hockey players over one season: a prospective cohort study.* British Journal of Sports Medicine 2018;52:1091-1096.
 20. Ishida T., Yamanaka M., Takeda N., Homan K., Koshino Y., Kobayashi T., Matsumoto H., Aoki Y. (2015) *The effect of changing toe direction on knee kinematics during drop vertical jump: a possible risk factor for anterior cruciate ligament injury.* Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2015) 23:1004–1009.
 21. Khuu S., Musalem LL., Beach TA. (2015) *Verbal Instructions Acutely Affect Drop Vertical Jump Biomechanics--Implications for Athletic Performance and Injury Risk Assessments.* J Strength Cond Res. 2015 Oct;29(10):2816-26.
 22. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, et al (2008) *Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement* British Journal of Sports Medicine 2008;42:394-412.