Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

Il ruolo del Vertical Drop Jump come screening per la prevenzione di lesione LCA. Revisione sistematica della letteratura

Candidato:

Dott. FT, Andrea Zoppi

Relatore:

Dott. FT, OMPT, Pietro Graziani

INDICE

ABSTRACT 3
1. INTRODUZIONE 4
2. MATERIALI E METODI 7
2.1 Disegno di studio e quesito clinico 7
2.2 Modello PIO 7
2.3 Parole chiave e stringa di ricerca 9
2.4 Banche dati 10
2.5 Criteri di inclusione ed esclusione 12
2.6 Valutazione qualità degli studi. 13
3. RISULTATI 14
3.1 Selezione degli articoli 14
3.2 Risultati per la valutazione degli studi 16
L'uso del VDJ nello screening della lesione LCA 25
3.3.1 Il VDJ come test di screening 25
3.3.2 Differenze di genere e di dominanza dell'estremità in LEA e LEK 27
4. DISCUSSIONE 35
BIBLIOGRAFIA 40

ABSTRACT

Background: Le rotture del legamento crociato anteriore (LCA) rappresentano più del 50% di lesioni al ginocchio e colpisce più di 200.000 persone negli Stati Uniti ogni anno, con costi diretti e indiretti superiori a $ 7 miliardi all'anno.[1] È probabile che i metodi di screening sensibili alle strategie di movimento che aumentano i carichi del legamento crociato anteriore (LCA) siano efficaci nell'identificare gli atleti a rischio di lesioni del legamento crociato anteriore. Gli attuali metodi di screening del rischio di lesioni del LCA devono ancora essere valutati per la loro capacità di identificare gli atleti che mostrano la meccanica degli arti inferiori ad alto rischio durante le manovre specifiche dello sport associate a eventi di lesioni del LCA.[2] In questo lavoro andiamo a verificare il ruolo del Vertical Drop Jump come screening per prevenzione di lesione LCA [1,2].

Obiettivo: Definire il ruolo del Vertical Drop Jump come screening per la prevenzione di lesione LCA.

Disegno di studio: una revisione sistematica della letteratura.

Risorse dati: la ricerca è stata condotta fino al 14 ottobre 2021 consultando le banche dati elettroniche MEDLINE (PubMed).

Criteri di eleggibilità: Gli studi inclusi all'interno della revisione riguardano tutti i disegni di studio (RCT, caso controllo, studi trasversali ecc.). Inoltre, sono stati esclusi gli studi in cui non era presente l'abstract, full text e lingue diverse dall'italiano e inglese. Sono stati presi in considerazioni tutti gli articoli pubblicati all'interno delle banche dati senza alcun limite temporale

Risultati: La ricerca ha incluso un totale di 9 articoli che hanno evidenziato come il VDJ può rappresentare una risorsa utile nell'identificazione di fattori di rischio legati a lesione LCA non da contatto, facendo inoltre emergere la sua utilità nella valutazione di fattori di rischio intrinseci quali le alterazioni della cinematica che precedono l'atterraggio dopo il salto.

Conclusioni: In conclusione, sebbene alcuni studi abbiano rilevato che il VDJ non possa ad oggi essere impiegato come strumento predittivo per la valutazione del rischio di lesioni LCA, vi sono studi pubblicati in letteratura che indicano l'utilità dello stesso per individuare un possibile rischio relativo a questo tipo di infortuni.

1. INTRODUZIONE

Le lesioni del legamento crociato anteriore (LCA) rappresentano le lesioni più comuni del ginocchio ed è riportata un'incidenza di circa 85 per 100.000 in pazienti di età compresa tra 16 e 39 anni [3].

Il legamento crociato anteriore (LCA) è lo stabilizzatore primario del ginocchio che limita la traslazione tibiale anteriore e la rotazione interna e le lesioni a carico di questo legamento possono determinare – pertanto - instabilità anteriore e rotatoria [4].

Il LCA è composto da due fasci funzionali, anteromediale e postero-laterale, il cui nome deriva dal loro attacco tibiale [5]. La tensione nel fascio anteromediale aumenta con la flessione del ginocchio, mentre il fascio postero-laterale assume una maggiore tensione in estensione e in risposta alla rotazione interna [6].

Il LCA è la guida di un meccanismo definito “a vite”. Questo meccanismo riferisce a un tipo di rotazione assiale “automatica” che avviene inevitabilmente e involontariamente con i movimenti di flessione ed estensione. Quando il ginocchio è flesso, la tibia è ruotata internamente.

Quando il ginocchio è esteso, i condili femorali rotolano e scivolano sui condili tibiali, la tibia viene gradualmente ruotata esternamente e quando raggiunge la piena estensione l'articolazione del ginocchio si “blocca” nella posizione eretta di massima stabilità. Questo meccanismo a vite è molto importante per la sincronizzazione dell'articolazione del ginocchio con le articolazioni adiacenti dell'anca e della caviglia. Sebbene il movimento principale del ginocchio sia la flessione-estensione, la rotazione interna-esterna gioca un ruolo significativo soprattutto nelle attività che richiedono la rotazione [7].

La lesione al LCA può prevedere sia trattamenti invasivi che non operatori di e le tecniche impiegate in questo campo continuano ad evolversi.

Una sempre crescente comprensione della struttura e della funzione del legamento ha supportato, infatti, lo sviluppo e l'adozione di tecniche di ricostruzione anatomica del LCA [8]. Parallelamente, un maggiore riconoscimento della resilienza del sistema neuromuscolare nel raggiungimento della stabilità dinamica e funzionale del ginocchio nonostante il deficit ha contemporaneamente supportato lo sviluppo di misure di trattamento non chirurgico come strategia efficace in alcuni pazienti [9].

Il raggiungimento dei massimi risultati possibili dopo il trattamento sia operatorio che non chirurgico richiede una riabilitazione progressiva, che comporta una terapia fisica strutturata per fasi con l'obiettivo di affrontare le problematiche funzionali, raggiungere la stabilità funzionale e tornare allo svolgimento delle attività – anche sportive - in sicurezza [10].

La fase acuta dopo la lesione o l'intervento chirurgico si concentra sull'eliminazione dei sintomi residui (versamento, dolore) e delle riduzioni funzionali (range di movimento, attivazione del quadricipite e forza). Successivamente, vengono implementati allenamenti neuromuscolari e perturbativi per migliorare la stabilizzazione del ginocchio. L'ultima fase mira a ottimizzare ulteriormente la forza muscolare, tornare al livello funzionale pre-infortunio attraverso esercizi specifici e valutare la prontezza psicologica in caso di ritorno allo sport [8].

Il Drop Vertical Jump (DVJ) è uno strumento di movimento sensibile recentemente impiegato per il rilevamento di un aumento del rischio di lesione del LCA [11]. Con tale approccio si mira a rilevare alterazioni a livello della qualità del controllo neuromuscolare durante il salto, con riferimento a percezione dolorosa e presentazione di specifici pattern motori nelle diverse fasi in cui si articola il salto.

Il test si esegue con il paziente che parte da una posizione sopraelevata di 30 cm con i piedi distanziati quanto la larghezza delle spalle; successivamente il paziente salta dal gradino atterrando con entrambi i piedi e gli viene chiesto di effettuare un salto ulteriore da questa posizione in modo tale da sopraelevarsi alla massima altezza possibile. L'osservatore presterà attenzione alla posizione in cui atterrano i piedi, in quanto ci si aspetta che essa sia la medesima da cui sono partiti prima del salto.

Al primo atterraggio al suolo si osserva l'angolo di flessione delle ginocchia sul piano sagittale, individuando l'influenza di un pattern motorio a dominanza quadricipitale nel caso in cui si abbia una limitata flessione del ginocchio e dell'anca. La posizione del tronco, se semi-eretta, può indicare contatto a piatto dei piedi con il suolo.

L'osservazione del piano frontale, permette di rilevare eventuali valgismo del ginocchio durante l'atterraggio e pertanto rilevarlo come fattore di rischio per la lesione del LCA.

Inoltre, l'eventuale posizione asimmetrica degli arti determinare un sovraccarico a danno delle articolazioni dell'arto dominante e pertanto predisporre maggiormente l'arto ad una lesione del LCA [12].

I ricercatori hanno scoperto che l'aumento degli angoli di valgo del ginocchio e dei momenti di valgo esterno risultano predittivi di future lesioni del LCA, pertanto è stato raccomandato il controllo neuromuscolare degli atleti utilizzando attività dinamiche come il DVJ prima della partecipazione allo sport.

Il movimento DVJ è facile da imparare ed eseguire, può essere completato in modo tempestivo da numerosi soggetti e richiede poco spazio per l'esecuzione [13].

Lo scopo della revisione bibliografica proposta è di definire l'utilità di una valutazione del rischio di lesione del LCA e verificare l'uso del DVJ come strumento di utile e conveniente per il controllo del rischio di infortunio degli arti inferiori e, in particolare, il rischio di lesioni del LCA.

2. MATERIALI E METODI

2.1 Disegno di studio e quesito clinico

Lo scopo di questo studio è stato quello di rispondere, tramite una revisione sistematica della letteratura esistente, al seguente quesito clinico:

"'Può essere il VDJ un buon strumento di screening per i soggetti a rischio di lesione LCA?".

La ricerca condotta ha avuto l'obiettivo di individuare, all'interno di una popolazione di soggetti aperta, come l'utilizzo del *vertical drop jump* potrebbe facilitare l'individuazione di possibile lesione LCA.

La revisione si è articolata nelle seguenti fasi:

FASE 1: elaborazione del quesito clinico;

FASE 2: identificazione di parole chiave;

FASE 3: sviluppo delle stringhe di ricerca;

FASE 4: conduzione ricerca sulle banche dati;

FASE 5: selezione degli articoli secondo la linea guida adottata;

FASE 6: sintesi ed elaborazione dei risultati e conclusioni.

2.2 Modello PIO

Le parole chiave con cui costruire la stringa di ricerca sono state identificate tramite il modello PIO (Tabella 1). Tale modello, equivalente al PIO, risulta più indicato per le ricerche bibliografiche che intendono indagare la prognosi, invece di un trattamento sperimentale.

Modello PIO		
P	POPULATION	Popolazione di pazienti o patologia in esame

I	INTERVENTION	Esposizione oggetto dell'indagine
O	OUTCOME	Risultato o esito in esame

Tabella 1: Modello PIO

In riferimento al quesito clinico di tale ricerca, ovvero *"Qual è il ruolo del Vertical Drop Jump come screening per la lesione LCA?*", il modello PIO è stato costruito come segue (Tabella 2):

Modello PIO		
P	**POPULATION**	Popolazione a rischio di lesione LCA
I	**INTERVENTION**	Vertical Drop Jump
O	**OUTCOME**	Prevenzione lesione LCA

Tabella 2: Modello PIO impostato sul quesito clinico

Inoltre, introducendo il campo *Methods*, è stato specificato la tipologia di studi idonei da ricercare.

M	**METHODS**	Studi osservazionali

Tramite introducendo il campo *Time*, è stata specificata l'ultima data in cui è stata lanciata la stringa sul motore di ricerca.

T	**TIME**	14/10/2021

2.3 Parole chiave e stringa di ricerca

Per condurre la ricerca è stata definita una stringa che, elaborata tramite l'utilizzo di parole chiave e sinonimi (e *Mesh Terms* associati), individuasse il maggior numero di risultati possibili. In base alla popolazione, ai fattori prognostici, al trattamento con esercizio terapeutico e al tipo di studio di interesse sono stati utilizzate le seguenti parole chiave:

KEY WORDS	
POPOLAZIONE	ACL Injuries, ACL Injury, Injuries, ACL, Injury, ACL, Anterior Cruciate Ligament Injury, Anterior Cruciate Wound, Ligament Tear, ACL Tears, ACL Tear, Tear, ACL, Tears, ACL, Anterior Cruciate Ligament Tears
FATTORI PREDITTIVI/PROGNOSTICI	Screening, Mass Screening, Early detection, Early detection of cancer , Risk, Prevention, Prevention and Control
INTERVENTO	VDJ, Drop Jump
TIPO DI STUDIO	RCT, Sistematic Rewiew, SR with Meta analysis

Tabella 3: parole chiave utilizzare all'interno della stringa di ricerca

Quindi, sono state condotte le seguenti ricerche:

- "Anterior Cruciate Ligament"[Majr] **AND** "Wounds and Injuries/prevention and control"[Mesh]
- "Anterior Cruciate Ligament"[Majr] **AND** "Wounds and Injuries"[Majr] **AND** "Risk"[Majr]
- "Anterior Cruciate Ligament Injuries/prevention and control"[Mesh]
- "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Majr] **AND** "Preventive Health Services"[Majr]
- "Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Majr] **AND** "Mass Screening"[Majr]
- Drop Jump **AND** "anterior cruciate ligament"
- Drop Jump **AND** "anterior cruciate ligament" **AND** (screening **OR** prevention **OR** test **OR** risk)

Tali singole ricerche (sia con *Mesh* sia con *free text*) messe insieme in OR, compongono la stringa di ricerca bibliografica totale e con questi termini è stato possibile elaborare una stringa di ricerca di riferimento anche per le banche dati online.

2.4 Banche dati

Per condurre la ricerca, la banca dati consultata è stata *PubMed*. Per effettuare la ricerca bibliografica su questi database sono stati utilizzati termini in riferimento ai campi del modello PIO(M)(T) come parole chiave e collegate tra di loro tramite gli operatori booleani (AND e OR). Di seguito sono riportate le stringe utilizzate nelle rispettive banche dati, il numero di *records* e la data in cui è stata effettuata la ricerca.

Banca dati	PUB MED (14/10/2021)
STRIN	***((((((Drop Jump AND "anterior cruciate ligament" AND (screening OR prevention OR test OR risk)) OR (Drop Jump AND "anterior cruciate ligament")) OR ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Majr] AND "Mass Screening"[Majr])) OR ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[Majr] AND "Preventive Health Services"[Majr])) OR ("Anterior Cruciate Ligament***

G A	***Injuries/prevention and control"[Mesh])) OR ("Anterior Cruciate Ligament"[Majr] AND "Wounds and Injuries"[Majr] AND "Risk"[Majr])) OR ("Anterior Cruciate Ligament"[Majr] AND "Wounds and Injuries/prevention and control"[Mesh])("1960/01/01"[Date - Publication] : "2021/10/14"[Date - Publication])***
Risultati	469 records

Tabella 4: stringa PUBMED e risultati

Di seguito è riportata la stringa PubMed Search Details:

("Drop"[All Fields] AND "Jump"[All Fields] AND "Anterior Cruciate Ligament"[All Fields] AND ("diagnosis"[MeSH Subheading] OR "diagnosis"[All Fields] OR "screening"[All Fields] OR "Mass Screening"[MeSH Terms] OR ("mass"[All Fields] AND "screening"[All Fields]) OR "Mass Screening"[All Fields] OR "early detection of cancer"[MeSH Terms] OR ("early"[All Fields] AND "detection"[All Fields] AND "cancer"[All Fields]) OR "early detection of cancer"[All Fields] OR "screen"[All Fields] OR "screenings"[All Fields] OR "screened"[All Fields] OR "screens"[All Fields] OR ("prevent"[All Fields] OR "preventability"[All Fields] OR "preventable"[All Fields] OR "preventative"[All Fields] OR "preventatively"[All Fields] OR "preventatives"[All Fields] OR "prevented"[All Fields] OR "preventing"[All Fields] OR "prevention and control"[MeSH Subheading] OR ("prevention"[All Fields] AND "control"[All Fields]) OR "prevention and control"[All Fields] OR "prevention"[All Fields] OR "prevention s"[All Fields] OR "preventions"[All Fields] OR "preventive"[All Fields] OR "preventively"[All Fields] OR "preventives"[All Fields] OR "prevents"[All Fields]) OR ("research design"[MeSH Terms] OR ("research"[All Fields] AND "design"[All Fields]) OR "research design"[All Fields] OR "test"[All Fields]) OR ("Risk"[MeSH Terms] OR "Risk"[All Fields]))) OR ("Drop"[All Fields] AND "Jump"[All Fields] AND "Anterior Cruciate Ligament"[All Fields]) OR ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Major Topic] AND "Mass Screening"[MeSH Major Topic]) OR ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Major Topic] AND "Preventive Health Services"[MeSH Major Topic]) OR "anterior cruciate ligament

injuries/prevention and control"[MeSH Terms] OR ("Anterior Cruciate Ligament"[MeSH Major Topic] AND "Wounds and Injuries"[MeSH Major Topic] AND "Risk"[MeSH Major Topic]) OR ("Anterior Cruciate Ligament"[MeSH Major Topic] AND "wounds and injuries/prevention and control"[MeSH Terms]) AND 1960/01/01:2021/10/14[Date - Publication]

Translations

screening: "diagnosis"[Subheading] OR "diagnosis"[All Fields] OR "screening"[All Fields] OR "mass screening"[MeSH Terms] OR ("mass"[All Fields] AND "screening"[All Fields]) OR "mass screening"[All Fields] OR "early detection of cancer"[MeSH Terms] OR ("early"[All Fields] AND "detection"[All Fields] AND "cancer"[All Fields]) OR "early detection of cancer"[All Fields] OR "screen"[All Fields] OR "screenings"[All Fields] OR "screened"[All Fields] OR "screens"[All Fields]

prevention: "prevent"[All Fields] OR "preventability"[All Fields] OR "preventable"[All Fields] OR "preventative"[All Fields] OR "preventatively"[All Fields] OR "preventatives"[All Fields] OR "prevented"[All Fields] OR "preventing"[All Fields] OR "prevention and control"[Subheading] OR ("prevention"[All Fields] AND "control"[All Fields]) OR "prevention and control"[All Fields] OR "prevention"[All Fields] OR "prevention's"[All Fields] OR "preventions"[All Fields] OR "preventive"[All Fields] OR "preventively"[All Fields] OR "preventives"[All Fields] OR "prevents"[All Fields]

test: "research design"[MeSH Terms] OR ("research"[All Fields] AND "design"[All Fields]) OR "research design"[All Fields] OR "test"[All Fields]

risk: "risk"[MeSH Terms] OR "risk"[All Fields]

2.5 Criteri di inclusione ed esclusione

La selezione degli articoli degli articoli si è basata sui seguenti parametri di inclusione ed esclusione.

- *Tipologia di partecipanti:* sono stati inclusi studi in cui i partecipanti sono una popolazione aperta (*Human*) a rischio di lesione LCA.
- *Tipologia di studi:* gli studi inclusi all'interno della revisione riguardano tutti i disegni di studio osservazionali (caso controllo, studi trasversali, case report ecc.). Inoltre, sono stati esclusi gli studi in cui non era presente l'abstract, full text e lingue diverse dall'italiano e inglese. Sono stati presi in considerazioni tutti gli articoli pubblicati all'interno delle banche dati senza alcun limite temporale precedente al 14/10/2021.
- *Tipo di trattamento*: sono stati inclusi tutti gli studi in cui l'utilizzo del *Vertical Drop Jump* riguarda il distretto del ginocchio. Sono stati esclusi invece gli studi che utilizzavano il *Vertical Drop Jump* associato ad outcome riguardanti altri distretti.
- *Tipo di outcome:* sono stati inclusi all'interno della revisione studi in cui è stata menzionata una lesione LCA e i relativi fattori prognostici.

2.6 Valutazione qualità degli studi.

Per la valutazione degli studi verrà utilizzata la NOS riguardo gli studi non randomizzati.

Lo sviluppo della scala scelta per la valutazione degli studi deriva dall'osservazione che gli studi non randomizzati, come gli studi caso-controllo e di coorte, possono essere difficili da implementare e condurre. La valutazione della qualità di tali studi è essenziale per una corretta comprensione delle ricerche condotte.

3. RISULTATI

3.1 Selezione degli articoli

La ricerca bibliografica per la seguente tesi è iniziata a Luglio 2021 e l'esito di tale processo di sintesi è stato riportato per mezzo del *diagramma di flusso secondo le linee guida del PRISMA statement.*

La ricerca sulle banche dati online ha prodotto 469 *records* così suddivisi:

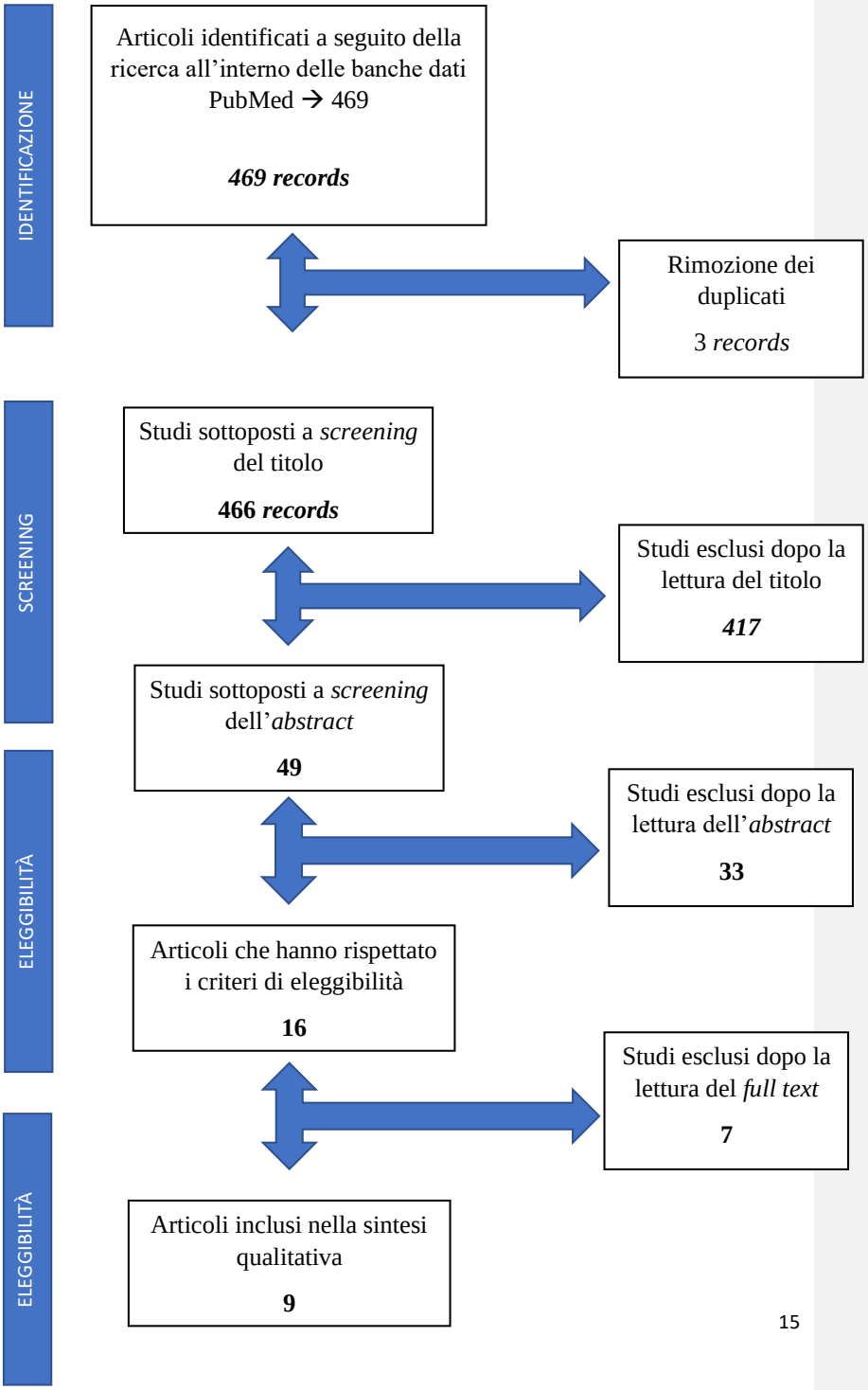
- 469 da PubMed

Successivamente, con l'obiettivo di individuare gli articoli realmente ammissibili, i 469 *records* sono stati sottoposti ad un processo di esclusione tramite piattaforma Rayaan:

- *Rimozione dei duplicati*: esclusi 3 articoli duplicati
- *Screening* dei restanti 466 *records*:
    - *Esclusione dopo la lettura dei titoli 417*
    - *Esclusione dopo la lettura degli abstract 33*
    - *Esclusione dopo la lettura del full text e applicazione dei criteri di inclusione ed esclusione 7*

- I restanti 9 articoli sono stati utilizzati per condurre la revisione.

Figura 1: Diagramma di flusso secondo le linee guida del PRISMA statement



3.2 Risultati per la valutazione degli studi

Gli studi inseriti nella revisione sono stati valutati mediante l'uso della scala NOS. I risultati delle valutazioni sono riportati nelle seguenti tabelle [14].

	Goetschius et al., 2012
Selection	
1) Is the case definition adequate? a) yes, with independent validation * b) yes, e.g. record linkage or based on self reports c) no description	b *
2) Representativeness of the cases a) consecutive or obviously representative series of cases* b) potential for selection biases or not stated	b
3) Selection of Controls a) community controls☒ b) hospital controls c) no description	a *
4) Definition of Controls a) no history of disease (endpoint) ☒	a *

b) no description of source	
Comparability	
1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis a) study controls for LCA ⊠ b) study controls for any additional factor ⊠	a *
Exposure	
1) Ascertainment of exposure a) secure record * b) structured interview where blind to case/control status ⊠ c) interview not blinded to case/control status d) written self report or medical record only e) no description	a *
2) Same method of ascertainment for cases and controls a) yes⊠ b) no	a *
3) Non-Response rate	a *

a) same rate for both groups ☒ b) non respondents described c) rate different and no designation	
EVALUATION	GOOD

Tabella 5. Newcastle - Ottawa Quality Assessment Scale case control studies.

	Krosshaug et al., 2016	**Redler et al., 2015**	**Chun et al., 2021**	**Petuscheck et al., 2021**	**Landis et al., 2018**	**Ishida et al., 2013**	**Leppanen et al., 2016**	**Cruz et al., 2013**
Selection								
1) Representativeness of the exposed cohort a) truly representative ☒ b) somewhat representative ☒ c) selected group	b *	b * (	b *	b *	b *	b *	b *	b *

d) no description of the derivation of the cohort								
2) Selection of the non exposed cohort a) drawn from the same community as the exposed cohort ☒ b) drawn from a different source c) no description of the derivation of the non exposed cohort	a *	a *	a *	a *	a *	a *	a *	a *
3) Ascertainment of exposure	a *	a *	a *	a *	d	a *	a *	a *

a) secure record (eg surgical records) ☒ b) structured interview ☒ c) written self report d) no description								
4) Demonstration that outcome of interest was not present at start of study a) yes ☒ b) no	b	b	b	a *	b	a *	a *	a *
Comparability								
1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis	a *	a *	a *	a *	a *	a *	a *	a *

a) study controls for LCA ☒ b) study controls for any additional factor ☒								
Outcome								
1) Assessment of outcome a) independent blind assessment or confirmation of the outcome by reference to secure records ☒ b) record linkage ☒ c) self report d) no description	a *	a *	a *	a *	c	a *	a *	a *
2) Was follow-up long enough	a *	a *	a *	a *	b	b	a *	b

for outcomes to occur a) yes (select an adequate follow up period for outcome of interest) ☒ b) no								
3) Adequacy of follow up of cohorts a) complete follow up - all subjects accounted for ☒ b) subjects lost to follow up unlikely to introduce bias - small number lost - >20% (select an adequate %) follow up, or description	b*	a *	a *	b *	b *	a *	a *	a *

provided of those lost) ☒ c) follow up rate < 80% (select an adequate %) and no description of those lost d) no statement								
EVALUATION	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	POOR	GOOD	GOOD	GOOD

Tabella 6. Newcastle - Ottawa Quality Assessment Scale cohort studies.

3.3 L’uso del VDJ nello screening della lesione LCA

3.3.1 Il VDJ come test di screening

Lo studio di **Krosshaug et al.** [15] condotto allo scopo di verificare se 5 variabili cinematiche e cinetiche selezionate fossero associate a future lesioni del LCA su una coorte di 710 giocatrici norvegesi di calcio e pallamano e se il test VDJ può essere consigliato come test di screening per identificare i giocatori a rischio aumentato di LCA, ha rilevato che in 42 casi lesioni LCA senza contatto, incluse 12 lesioni LCA precedenti (rischio relativo 3.8; 95% CI, 2.1-7.1) e dislocazione del ginocchio mediale (odds ratio 1.40; 95% CI, 1.12-1.74 entro 1-SD) erano associate con aumentato rischio di infortunio. Tuttavia, c'era un'associazione con la dislocazione mediale del ginocchio tra i 643 giocatori senza precedenti di infortuni. Dei 5 fattori di rischio considerati, lo spostamento mediale del ginocchio era l'unico fattore associato ad un aumento del rischio di LCA. Tuttavia, l'analisi ROC (*Receiver Operating Characteristic Curve*) ha indicato una scarsa sensibilità e specificità combinate quando lo spostamento del ginocchio mediale è stato utilizzato come test di screening per predire la lesione del LCA. Per i giocatori senza precedenti infortuni, nessuna delle variabili del VDJ è stata associata a un aumento del rischio di lesioni.

Lo studio condotto da **Petushek et al.** [16] su 880 atlete di calcio e pallamano, mirava a determinare se le prestazioni valutate visivamente del s*ingle-leg squat* (SLS) e del VDJ sono associate a successivo infortunio LCA senza contatto. Esso ha riscontrato che sessantacinque lesioni LCA senza contatto si sono verificate durante il periodo di follow-up. Il 14% di atlete che hanno subito un infortunio LCA aveva scarse prestazioni SLS, rispetto al 17% degli atleti non infortunati (P = .52 e .67 per valutazioni rispettivamente dell'anca e del ginocchio). L'asimmetria nell'SLS non era diversa tra gli atleti infortunati e non (P = .10 e .99 per rispettivamente asimmetria dell'anca e del ginocchio). Il 21% di atleti che hanno subito un infortunio al LCA aveva una valutazione VDJ scarsa, rispetto al 27% degli atleti non feriti (P = .09). Inoltre, nella zona sottostante la curva i valori variavano da 0,43 a 0,54 per SLS e VDJ,

dimostrando che vi era una povertà di accuratezza prognostica. Questa ricerca ha evidenziato che il VDJ non rappresenta uno strumento predittivo per la lesione LCA.

La ricerca condotta da **Redler et al.** [17], è stata volta a convalidare un semplice test di screening basato sulla somministrazione ad una popolazione clinicamente utile per identificare gli atleti a rischio di possibile lesione LCA. Gli autori hanno ipotizzato che sia i medici che i professionisti sanitari sarebbero stati accurati nel valutare soggettivamente il rischio di lesioni in tempo reale sul campo; lo studio è stato condotto su 15 atleti di età compresa tra 11-17 anni sottoposti a VDJ e filmati e visionati da 242 tra chirurghi ortopedici, ortopedici, allenatori, preparatori atletici e fisioterapisti. La ricerca è giunta alla conclusione che tra i gruppi, l'affidabilità tra valutatori era alta, $\kappa = 0,92$ (CI 95% 0,829-0,969, $p<0,05$), indicando che nessun singolo gruppo ha fornito valutazioni migliori (o peggiori), compresi i confronti tra medici e altri professionisti sanitari. Con un *cutoff* di screening isolato per i soggetti identificati dagli osservatori come “ad alto rischio”, la sensibilità era del 63,06% e la specificità dell'82,81%. La riduzione del *cutoff* per includere anche gli atleti identificati a "rischio medio" ha aumentato la sensibilità al 95,04% e ha ridotto la specificità al 46,07%. L’affidabilità intra-valutatore era moderata, $\kappa = 0,55$ (IC 95% 0,49-0,61, $p<0,05$), indicando che i singoli osservatori presentavano valutazioni di rischio riproducibili. Questo studio ha rilevato il VDJ come strumento di screening per individuare gli atleti a maggiore rischio di lesione LCA e che può essere utilizzato da allenatori e fisioterapisti.

La ricerca condotta da **Landis et al.** [18] su 187 donne di età media pari a 19,5 anni che giocano a calcio, pallavolo o basket allo scopo di indagare se un compito di VDJ o il movement screen identifica le donne con più alto rischio di incorrere in infortuni non da contatto alle estremità inferiori, in particolare possibile lesione LCA. È stata riscontrata una differenza significativa tra i punteggi FMS delle atlete che hanno avuto un infortunio LCA non da contatto o delle estremità inferiori. Le atlete che hanno riportato punteggio pari o inferiore a 14 alla scala FMS presentano possibilità maggiori di andare in contro a infortuni delle estremità inferiori non da contatto. Anche questa ricerca indica che il VDJ può essere impiegato per identificare atlete femminili a rischio di lesione LCA non da contatto.

Lo studio di **Goetchius et al.** [19] condotto su 1855 ragazze che frequentavano la scuola superiore al fine di verificare se la pKAM (*probability of a high knee abduction moment*) è associata con infortuni LCA nelle atlete ha riscontrato che Un totale di 20 atleti ha subito un infortunio al legamento crociato anteriore e sono stati abbinati a 45 atleti di controllo illesi reclutati dalle stesse squadre. Non c'era alcuna relazione tra il rischio di eventuali lesioni ACL e pKAM, come determinato dall'algoritmo basato sulla clinica.

3.3.2 Differenze di genere e di dominanza dell'estremità in LEA e LEK

Lo studio di **Chun et al.** [20], condotto su 100 uomini e donne in salute di nazionalità coreana, allo scopo di confrontare LEA (Lower extremity alignment) e cinematica articolare tra i sessi e tra gli arti (dominanti vs non dominanti), ha rilevato che rispetto ai maschi, le femmine possedevano un'inclinazione pelvica significativamente maggiore, antiversione femorale, angolo Q e torsione tibiale ridotta. Le femmine sono atterrate a terra in modo significativamente incrementato rispetto all'estensione del ginocchio e della flessione plantare della caviglia con riduzione dell'abduzione dell'anca e dell'adduzione del ginocchio, picco di adduzione dell'anca relativamente ridotto, rotazione interna del ginocchio e aumento dell'abduzione del ginocchio e eversione della caviglia. L'arto non dominante ha mostrato un aumento significativo della flessione dell'anca, dell'abduzione e rotazione esterna; flessione del ginocchio e rotazione interna; e inversione della caviglia al contatto iniziale. Ulteriormente, l'arto non dominante ha mostrato un aumento del picco di flessione dell'anca e del ginocchio, picco dell'anca relativamente ridotto, adduzione e aumento dell'abduzione del ginocchio e della rotazione interna. Si potrebbe suggerire che le LEA e le LEK (dinamic lower extremity kinematic) osservate nelle femmine e negli arti non dominanti potrebbero contribuire a un maggiore rischio di insorgenza di lesioni al legamento crociato anteriore, evidenziando l'importanza del VDJ nella previsione dei rischi.

La ricerca di **Ishida et al.** [21] condotta su 14 donne (età media 21) allo scopo di esaminare l'effetto del cambiamento della direzione della punta sulla cinetica del ginocchio e la cinematica associata alle lesioni del legamento crociato anteriore

durante i salti verticali in caduta, ha riscontrato che l'atterraggio con orientamento all'interno è stato associato a un angolo significativamente maggiore di abduzione del ginocchio, di rotazione interna della tibia e a un maggiore momento di abduzione del ginocchio rispetto alla condizione naturale e di orientamento all'esterno. L'atterraggio con orientamento all'interno è stato associato a una velocità angolare di rotazione interna della tibia significativamente maggiore. Pertanto, la ricerca rileva che un eccessivo cambiamento di direzione nell'abduzione del ginocchio e nella rotazione tibiale interna durante i VDJ puo essere fattore di rischio di una possibile lesione LCA.

La ricerca condotta da **Leppanen et al.** [22] su 171 donne giocatrici di basket e floorball (età compresa tra 12 e 21 anni) e volta ad indagare selezionate caratteristiche biomeccaniche come potenziali fattori di rischio per lesioni LAC in giovani giocatrici di basket e football ha rilevato che quindici nuovi infortuni LCA si sono verificati durante il periodo di studio (0,2 infortuni/1000 ore giocatore). Dei 6 fattori considerati, il picco inferiore l'angolo di flessione del ginocchio (FC per ogni 10 aumenti dell'angolo di flessione del ginocchio, 0,55; IC 95%, 0,34-0,88) e vGRF di picco più alto (HR per ogni aumento di 100 N di vGRF, 1,26; 95% CI, 1,09-1,45) erano gli unici fattori associati ad un aumentato rischio di lesione del LCA. L'analisi ROC ha mostrato un'area sotto la curva di 0,6 per il picco di flessione del ginocchio di e 0,7 per vGRF, che indica una sensibilità e specificità combinate non corrette del test. In questo studio, gli atterraggi rigidi, con minore flessione del ginocchio e maggiore vGRF verificati con test VDJ sono stati associati a un aumento del rischio di infortuni LCA tra le giovani giocatrici di basket e floorball.

Lo studio di **Cruz et al.** [23], condotto su 25 atlete amatoriali (età media 21.3) e volto a confrontare cinetica e cinematica di tre attività di atterraggio (atterraggio a caduta, salto verticale a caduta e salto verticale in avanti) comunemente usate nella ricerca sulle lesioni del LCA ha rilevato, mediante un'ANOVA a misure ripetute è stata eseguita. L'FVJ presentava u più alto n picco di forza anteriore tibiale ($p < 0,001$), angolo di flessione dell'anca ($p < 0,001$), un momento di flessione del ginocchio ($p < 0,001$) e momento di valgismo del ginocchio ($p <0,001$). Il DL aveva un minore angolo di flessione del ginocchio ($p = 0,001$) e angolo di flessione dell'anca ($p < 0,001$), mentre il VDJ aveva il più basso momento di valgismo del ginocchio basso ($p < 0,001$).

Questi risultati indicano che apparentemente piccole variazioni nell'atterraggio al VDJ possono influenzare la biomeccanica del movimento.

Nella seguente tabella riepilogativa sono riportate le principali caratteristiche degli articoli inclusi nella revisione.

Autore e anno	Tipo di studio	Popolazione	Obiettivo	Outcomes	Follow up	Risultati
Krosshaug et al., 2016	Coorte	710 giocatrici di calcio e pallamano	Verificare se 5 variabili cinematiche e cinetiche selezionate fossero associate a future lesioni del LCA in un'ampia coorte di giocatrici norvegesi di calcio e pallamano. Inoltre, gli autori hanno voluto valutare se il test VDJ può essere consigliato come test di screening per identificare i giocatori a rischio aumentato di LCA.	1. Angolo di valgismo del ginocchio al contatto iniziale; 2. Picco del momento di abduzione del ginocchio; 3. Picco dell'angolo di flessione del ginocchio; 4. Picco di forza verticale di reazione al suolo; 5. Spostamento mediale del ginocchio.	2007-2014	42 lesioni LCA senza contatto, incluse 12 lesioni LCA precedenti (rischio relativo 3.8; 95% CI, 2.1-7.1) e dislocazione del ginocchio mediale (odds ratio 1.40; 95% CI, 1.12-1.74 entro 1-SD) erano associate con aumentato rischio di infortunio. Tuttavia, c'era un'associazione con la dislocazione mediale del ginocchio tra i 643 giocatori senza precedenti di infortuni. Dei 5 fattori di rischio considerati, lo spostamento mediale del ginocchio era l'unico fattore associato ad un aumento del rischio di LCA.
Redler et al. 2015	Studio prospettico	15 atleti di età compresa tra 11-17 anni sottoposti a VDJ e filmati e visionati da 242 tra chirurghi ortopedici,	Convalidare un semplice test di screening basato sulla popolazione clinicamente utile per identificare gli atleti a rischio di LCA. Gli autori hanno ipotizzato che sia i medici che i professionisti sanitari alleati sarebbero stati	Calcolo del rischio di lesione mediante la distanza di separazione del ginocchio normalizzata (Dartfish, Alpharetta). La valutazione del rischio effettuata dagli osservatori è stata comparata per determinare l'affidabilità e calcolare oggettivamente il rischio allo scopo di definire la sensibilità e la specificità.	71/242 osservatori hanno ripetuto la valutazione	Tra i gruppi, l'affidabilità tra valutatori era alta, $\kappa = 0,92$ (CI 95% 0,829-0,969, $p<0,05$), indicando che nessun singolo gruppo ha fornito valutazioni migliori (o peggiori), compresi i confronti tra medici e altri professionisti sanitari. Con un cutoff di screening isolato per i soggetti identificati dagli osservatori come "ad alto rischio", la sensibilità era del 63,06% e la specificità dell'82,81%. La riduzione del cutoff per includere anche gli atleti identificati

		ortopedici, allenatori, preparatori atletici e fisioterapisti.	accurati soggettivamente valutare il rischio di lesioni in tempo reale sul campo.			a "rischio medio" ha aumentato la sensibilità al 95,04% e ha ridotto la specificità al 46,07%. L'affidabilità intra-valutatore era moderata, κ = 0,55 (IC 95% 0,49-0,61, p<0,05), indicando che i singoli osservatori presentavano un valutazioni di rischio riproducibili.
Chun et al., 2021	Coorte	100 uomini e donne coreani in salute	Confrontare LEA e cinematica articolare tra i sessi e tra gli arti (dominanti vs non dominanti).	Determinare LEA (lower extremity alignments) e LEK (dynamic lower extremity), negli arti dominanti e non dominanti, nei partecipanti che avevano eseguito VDJ.	-	Rispetto ai maschi, le femmine possedevano un'inclinazione pelvica significativamente maggiore, antiversione femorale, angolo Q e torsione tibiale ridotta. Le femmine sono atterrate a terra in modo significativamente incrementato rispetto all'estensione del ginocchio e della flessione plantare della caviglia con riduzione dell'abduzione dell'anca e dell'adduzione del ginocchio, picco di adduzione dell'anca relativamente ridotto, rotazione interna del ginocchio e aumento dell'abduzione del ginocchio e eversione della caviglia.
Petushek et al., 2021	Coorte	880 atlete di calcio e pallamano.	Determinare se le prestazioni valutate visivamente del single-leg squat (SLS) e del salto verticale (VDJ) sono associate a successivo infortunio LCA senza contatto.	Fisioterapisti specializzati hanno valutato visivamente ogni gamba durante un SLS e il controllo generale durante un VDJ. La ROC, il chi quadrato di Pearson e analisi di regressione logistica sono state utilizzate per determinare l'accuratezza prognostica dei 2 test di screening.	2007-2014	L'asimmetria nell'SLS non era diversa tra gli atleti infortunati e non (P = .10 e .99 per rispettivamente asimmetria dell'anca e del ginocchio). Il 21% di atleti che hanno subito un infortunio al LCA aveva una valutazione VDJ scarsa, rispetto al 27% degli atleti non feriti (P = .09). Inoltre, nella zona sottostante la curva i valori variavano da 0,43 a 0,54 per SLS e VDJ, dimostrando che non vi era una povertà di accuratezza prognostica.

Landis et al., 2018	Coorte	187 donne di età media pari a 19,5 anni che giocano a calcio, pallavolo o basket.	Indagare se VDJ o il movement screen identifica le donne con più alto rischio di incorrere in infortuni non da contatto alle estremità inferiori, in particolare LAC.	Le partecipanti hanno completato il Functional Movement Screen (FMS) e il compito VDJ, rilevando gli infortuni delle estremità inferiori non da contatto su base settimanale. I punteggi FMS e KAM (knee abdution moment) sono stati comparati tra i gruppi che hanno riportato un infortunio e quelli che non l'hanno riportato.	12-16 settimane	È stata riscontrata una differenza significativa tra i punteggi FMS delle atlete che hanno avuto un infortunio LAC non da contatto o delle estremità inferiori. Le atlete che hanno riportato punteggio pari o inferiore a 14 alla scala FMS presentano possibilità maggiori di andare in contro a infortuni delle estremità inferiori non da contatto.
Ishida et al., 2015	Coorte	14 donne (età media 21)	Esaminare l'effetto del cambiamento della direzione della punta dei piedi sulla cinetica del ginocchio e la cinematica associata alle lesioni del legamento crociato anteriore durante i salti verticali in caduta.	DVJ in condizioni di tre dita (naturale, orientamento all'interno e orientamento all'esterno). La cinetica e la cinematica del ginocchio durante l'atterraggio erano valutate utilizzando un sistema di analisi del movimento. I risultati sotto le tre condizioni delle dita sono stati confrontati utilizzando in modo unidirezionale misure ripetute di analisi della varianza e una prova post hoc Bonferroni.	-	L'atterraggio con orientamento all'interno è stato associato a un angolo significativamente maggiore di abduzione del ginocchio, angolo di rotazione interna della tibia e momento di abduzione del ginocchio rispetto alla condizione naturale e di orientamento all'esterno. L'atterraggio con orientamento all'interno è stato associato a una velocità angolare di rotazione interna della tibia significativamente maggiore.
Goetchius et al., 2012	Case-control	1855 ragazze che frequentavano la scuola superiore	Verificare se la pKAM (probability of a high knee abduction moment) è associata	È stata effettuata un'analisi secondaria dei dati ottenuti da una precedente indagine incentrata sull'uso del test (DVJ) per valutare il rischio di	3 anni	Un totale di 20 atleti ha subito un infortunio al legamento crociato anteriore e sono stati abbinati a 45 atleti di controllo illesi reclutati dalle stesse squadre. Non c'era alcuna relazione tra il rischio di soffre di lesioni ACL e pKAM,

			con infortuni LCA nelle atlete	infortunio LCA nelle atlete. Il movimento del ginocchio in valgo, la gamma di movimento della flessione del ginocchio e la lunghezza della tibia sono stati misurati dai video del DVJ ottenuti durante le proiezioni pre-stagione. La massa è stata misurata utilizzando una scala medica e il rapporto di forza tra quadricipiti e muscoli posteriori della coscia è stato incluso utilizzando un valore surrogato. Questi dati sono stati inseriti nell'algoritmo clinico che ha determinato il pKAM. L'associazione di pKAM con lesione del LCA è stata valutata utilizzando la conditional logistic regression.		come determinato dall'algoritmo basato sulla clinica.
Leppanen et al., 2016	Coorte	171 donne giocatrici di basket e floorball (età compresa tra 12 e 21 anni)	Indagare selezionate caratteristiche biomeccaniche come potenziali fattori di rischio per lesioni LAC in giovani giocatrici di basket e floorball.	VDJ test con utilizzo di 3-d dimension motion analysis. Sono state analizzate le seguenti variabili biomeccaniche: (1) angolo del vagismo del ginocchio al contatto iniziale (IC), (2) momento di picco di abduzione del ginocchio, (3) angolo di flessione del ginocchio a IC, (4) angolo del picco di flessione di del	2011-2013	Quindici nuovi infortuni LCA si sono verificati durante il periodo di studio (0,2 infortuni/1000 ore giocatore). Dei 6 fattori considerati, il picco inferiore l'angolo di flessione del ginocchio di (FC per ogni 10 aumenti dell'angolo di flessione del ginocchio, 0,55; IC 95%, 0,34-0,88) e vGRF di picco più alto (HR per ogni aumento di 100 N di vGRF, 1,26; 95% CI, 1,09-1,45) erano gli unici fattori associati ad un aumentato rischio di lesione del LCA. L'l'analisi ROC) ha mostrato un'area

				ginocchio, (5) picco di forza della reazione al suolo verticale (vGRF); (6) spostamento mediale del ginocchio. Sono stati quindi registrati tutti i nuovi infortuni al LCA, nonché l'esposizione a partite e allenamenti da 1 a 3 anni. I modelli di regressione di Cox sono stati utilizzati per calcolare gli hazard ratio (HR) e gli IC al 95%.		sotto la curva di 0,6 per il picco di flessione del ginocchio di e 0,7 per vGRF, che indica una sensibilità e specificità combinate non corrette del test.
Cruz et al., 2013	Coorte	25 atlete amatoriali (età media 21.3)	Confrontare cinetica e cinematica di tre attività di atterraggio (atterraggio a caduta, salto verticale a caduta e salto verticale in avanti) comunemente usate nella ricerca sulle lesioni del LCA.	DL (drop landing), DVJ e FVJ (forward landing jump).		ANOVA a misure ripetute è stata eseguita. L'FVJ presentava u più alto n picco di forza anteriore tibiale ($p < 0,001$), angolo di flessione dell'anca ($p < 0,001$), un momento di flessione del ginocchio ($p < 0,001$) e momento di valgismo del ginocchio ($p < 0,001$). Il DL aveva un minore angolo di flessione del ginocchio ($p = 0,001$) e angolo di flessione dell'anca ($p < 0,001$), mentre il DVJ aveva il più basso momento di valgismo del ginocchio basso ($p < 0,001$)

4. DISCUSSIONE

Le pubblicazioni che hanno analizzato il VDJ come **strumento di screening** per l'individuazione delle LCA hanno permesso di individuare interessanti evidenze.

La ricerca di Krosshaug et al. [15] ha evidenziato che lo spostamento mediale del ginocchio sembra essere l'unico fattore associato ad un aumento del rischio di LCA. Tuttavia, le analisi statistiche condotte hanno indicato una scarsa sensibilità e specificità combinate quando lo spostamento mediale del ginocchio è stato utilizzato come test di screening per predire la lesione del LCA. Per i giocatori senza precedenti infortuni, nessuna delle variabili VDJ è stata associata a un aumento del rischio di lesioni. Similmente, lo studio di Petushek et al. [14], indica che la valutazione in tempo reale eseguita da fisioterapisti specializzati in allenamento non è stata in grado di identificare gli atleti con un rischio maggiore di futuro infortunio LCA, sulla base dei test SLS o VDJ.

Tra i risultati della ricerca, sebbene non inclusa nella nostra selezione degli articoli era presente anche una interessante lettera all'editore [24], relativa ad un commento dello studio di Krosshaug et al. Il commento riferisce che i risultati degli autori hanno convalidato che il collasso mediale del ginocchio durante il VDJ può determinare il rischio di LCA negli atleti e costituisce un'importante evidenza della correlazione al rischio di lesione del LCA. Tuttavia, gli autori hanno successivamente interpretato i loro risultati clinicamente non significativi e questa interpretazione errata può essere probabilmente dovuta a limitazioni nel loro disegno di studio.

Commentato [MOU1]: In realtà non è tra gli studi selezionati, citalo in aggiunta

La risposta a tale commento di Krosshaug et al. [25] indica che la coorte era costituita da un gruppo atleti d'elite, giocatrici di pallamano e di calcio, di età prevalentemente entro i 20 anni. Pertanto, gli autori non possono dirsi certi se il test VDJ può essere utilizzato per prevedere il rischio di lesioni LCA in altri gruppi di atleti, ad esempio come atleti più giovani, atleti meno allenati o atleti che praticano altri sport.

La lettera all'editore di Hewett [24] sottolinea, in riferimento all'articolo di Krosshaug et al., la necessità di rianalizzare i dati per determinare se essi rivestono un significato parametrico, rianalizzare i dati con criteri di esclusione in atto che escludono gli atleti che hanno avuto una precedente formazione neuromuscolare includono un precedente allenamento neuromuscolare come variabile covariata nelle analisi e aggiungere lo sport come variabile covariata per altre analisi appropriate e meno distorte.

Nella risposta di Krosshaug et al. [25] gli autori affermano di essere pienamente d'accordo con il dottor Hewett sul fatto che i dati suggeriscono un'associazione maggiore dello spostamento mediale del ginocchio con l'aumento del rischio di lesioni. Tuttavia, questo non implica che il test di salto verticale (VDJ) può prevedere il rischio di un infortunio LCA.

Con lo studio di Redler et al. [17] è stato possibile dimostrare la fattibilità di un semplice test di screening sul campo per identificare gli atleti giovanili che mostrano una scarsa biomeccanica degli arti inferiori che potrebbe esporli a un rischio maggiore di infortunio al LCA prima della partecipazione ad eventi sportivi. Tra coloro che potrebbero essere potenzialmente coinvolti in questo processo di screening, lo studio mostra una buona affidabilità e un'elevata sensibilità tra valutatori e può essere svolto, senza formazione specialistica, da allenatori e preparatori atletici oltre che da professionisti sanitari. L'ulteriore sviluppo del protocollo di formazione e la convalida in un ambiente reale potrebbero per dimostrare la fattibilità come test di screening accurato ed economicamente vantaggioso su vasta scala.

Landis et al. [18], in merito a questo argomento, hanno riportato che il FMS™ e l'algoritmo di probabilità KAM (nomogramma) sono facilmente implementabili in contesto clinico per la valutazione delle atlete femminili. I risultati dello studio indicano che la probabilità KAM (*cut point* ad alto rischio $\geq 0,80$) non permette di predire la lesione LCA senza contatto ($p = 0,64$). Tuttavia, il punteggio composito FMS™ può essere utilizzato per identificare le atlete collegiali a rischio più elevato di subire un infortunio LCA o LE senza contatto. Una differenza statisticamente significativa ($t = 1,98$, $p = 0,049$) è stata osservato nei punteggi FMS™ tra i gruppi con lesioni (lesioni ACL e LE) e senza lesioni. Le atlete in questa ricerca che hanno raggiunto un punteggio di 14 o meno sullo schermo FMS™ avevano maggiori probabilità di subire un infortunio LE senza contatto. Sebbene la le analisi statistiche per la probabilità KAM non hanno indicato significative differenze tra atleti con e senza lesioni, c'era una tendenza che indica che le minori misure cliniche in KAM possono aiutare a identificare i partecipanti che sono più a rischio di lesioni LE senza contatto.

In letteratura è stato riscontrato anche l'uso di un algoritmo clinico (pKAM) utile per identificare le atlete a maggior rischio di subire un infortunio del LCA senza contatto [19]. In assenza di strumenti di screening predittivo per fornire un metodo efficace ed efficiente per determinare un aumentato rischio di lesioni, i programmi di intervento

attualmente disponibili devono essere rivolti alla popolazione generale piuttosto che concentrarsi solo sui soggetti ad aumentato rischio.

Uno studio si è interessato di **approfondire le differenze di genere e negli arti durante** il VDJ [20], dimostrando variazioni di dominanza del sesso e degli arti in LEA e LEK durante i salti verticali di caduta (partecipanti di etnia coreana). Secondo i LEA e LEK misurati, il genere femminile e l'arto non dominante presentano maggiori fattori di rischio di lesioni LCA senza contatto. In particolare, le femmine possiedono il bacino più inclinato anteriormente, femori ruotati internamente, una postura del ginocchio in valgo e l'arto non dominante con ginocchio iperesteso rispetto all'arto dominante. L'arto non dominante ha mostrato maggiori cambiamenti negli angoli articolari sul piano frontale e trasversale rispetto all'arto dominante durante la caduta dai salti verticali.

La cinematica del ginocchio durante il VDJ è stata valutata da Ishida et al. [21] che riportano che il cambiamento della direzione del dito del piede influisce in modo significativo sulla cinetica e cinematica del ginocchio durante l'atterraggio. È importante evitare di cambiare la direzione del dito eccessivamente verso l'interno o verso l'esterno durante l'atterraggio per prevenire l'aumento dell'abduzione del ginocchio e rotazione tibiale interna che potrebbero aumentare il rischio di lesione dell'LCA.

Leppanen et al. [22] riferiscono che gli atterraggi rigidi, con minore flessione del ginocchio e maggiore vGRF in un test VDJ sono stati associati a un aumento del rischio di infortuni LCA tra le giovani giocatrici di basket e *floorball*. Tuttavia, nonostante due fattori (diminuzione del picco di flessione del ginocchio e aumentato vGRF) presentano associazioni significative con il rischio di lesioni LCA, le analisi della curva ROC hanno rivelato che queste variabili non possono essere utilizzate per lo screening degli atleti.

La ricerca di Cruz et al. [22] ha indicato che la cinematica e la cinetica influenzano significativamente gli infortuni LCA e questo può in parte spiegare la mancanza di consenso in letteratura sui più importanti parametri biomeccanici nella determinazione del danno al LCA. Ueno et al. [26], aggiungono che l'adduzione dell'anca è indicativa di spostamento pelvico laterale durante l'atterraggio. L'adduzione dell'anca accoppiata e l'inclinazione pelvica laterale, inoltre, è associata alle maggiori forze verticali e laterali di reazione al suolo, che si propagava in momenti di abduzione del ginocchio più elevati. Queste caratteristiche biomeccaniche sono associate alla lesione del LCA e possono essere limitate in un atterraggio con una maggiore attivazione del gluteo medio.

5. CONCLUSIONI

Il quesito di ricerca posto all'inizio della ricerca era riferito all'ipotesi che il VDJ possa rappresentare uno strumento utile per la definizione del rischio di lesioni del LCA. In base alla letteratura di settore consultata.

La revisione condotta ha permesso di rilevare risultati contrastanti in merito all'affidabilità del VDJ nello screening degli atleti che presentano un maggiore rischio di LCA. Infatti mentre alcuni studi rilevano una limitata affidabilità dello strumento per la prevenzione delle lesioni del legamento crociato anteriore, ve ne sono degli altri che individuano una sufficiente sensibilità e affidabilità.

È plausibile che valutare due atterraggi durante l'attività VDJ possa fornire una visione più completa del controllo neuromuscolare di un atleta e alcune ricerche individuano il secondo atterraggio come maggiormente indicativo per valutare i fattori di rischio del piano sagittale rispetto al primo atterraggio, che potrebbe invece essere più adatto a valutare i fattori di rischio sul piano frontale.

Inoltre, è stato anche riscontrato l'importante ruolo dell'orientamento del piede nell'atterraggio per limitare il rischio di lesioni dell'LCA.

I risultati delle attuali ricerche sottolineano le differenze legate al sesso e agli arti nel rischio di lesioni LCA. Pertanto, negli studi futuri, sarebbe necessario sviluppare ed esaminare un protocollo di allenamento che riduca il collasso mediale del ginocchio per le femmine e lo spostamento angolare nei piani frontale e trasversale per gli arti non dominanti.

Alla luce dei risultati ottenuti, si rileva che sono necessarie ulteriori ricerche per sviluppare algoritmi clinici alternativi per la previsione del rischio di lesioni di LCA tali che possano essere applicati in modo efficiente a estesi gruppi di partecipanti coinvolti in attività associate a un aumentato rischio di subire una lesione del LCA. Un allenamento neuromuscolare mirato per controllare il movimento pelvico e dell'anca frontale può aiutare a evitare forze di reazione al suolo dannose e il conseguente momento di abduzione del ginocchio e il rischio di lesioni del LCA.

Specifica attenzione dovrebbe essere prestata all'interpretazione e il confronto dei risultati di studi di ricerca che utilizzano diverse modalità di atterraggio. I ricercatori dovrebbero tentare di standardizzare gli esercizi quanto più possibile per aumentare la capacità di confrontare i risultati e applicarli per scopi clinici.

In conclusione, si evidenzia che il VDJ non può essere impiegato indiscutibilmente come strumento predittivo per la valutazione del rischio di lesioni LCA, come descritto da tre ricerche [15, 16, 19], ma rappresenta comunque uno strumento molto utile nella pratica per limitare il rischio di questo tipo di infortuni, come descritto da 6 studi pubblicati sull'argomento [17, 18, 20-23]. Pertanto, si evidenzia la necessità di ulteriori ricerche che permettano di ottenere risposte definitive sull'argomento, estendendo gli studi a popolazioni numericamente e qualitativamente più estesi.

BIBLIOGRAFIA

[1] Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. Clin Sports Med. 2017 Jan;36(1):1-8.

[2] Fox AS, Bonacci J, McLean SG, Saunders N. Efficacy of ACL injury risk screening methods in identifying high-risk landing patterns during a sport-specific task. Scand J Med Sci Sports. 2017 May;27(5):525-534.

[3] Granan L-P, Bahr R, Steindal K, Furnes O, Engebretsen L (2007) Development of a National Cruciate Ligament Surgery Registry: The Norwegian National Knee Ligament Registry. Am J Sports Med 36:308–315.

[4] Musahl V, Kopf S, Rabuck S, Becker R, van der Merwe W, Zafagnini S et al (2012) Rotatory knee laxity tests and the pivot shift as tools for ACL treatment algorithm. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 20:793–800.

[5] Amis A, Bull AMJ, Lie DT. Biomechanics of rotational instability and anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. Oper Tech Orthop 2005;15:29—35.

[6] Girgis FG, Marshall JL, Monajem A. The cruciate ligaments of the knee joint: anatomical, functional and experimental analysis. Clin Orthop Relat Res 1975;106:216—31.

[7] Georgoulis AD, Ristanis S, Moraiti CO, Paschos N, Zampeli F, Xergia S, Georgiou S, Patras K, Vasiliadis HS, Mitsionis G. ACL injury and reconstruction: Clinical related in vivo biomechanics. Orthop Traumatol Surg Res. 2010 Dec;96(8 Suppl):S119-28.

[8] Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, Gaufn H, Webster KE, Kvist J (2014) The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med 48:1613–1619.

[9] Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA (2010) A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. J Orthop Sports Phys Ther 40:705–721.

[10] Paterno MV (2017) Non-operative care of the patient with an ACL-defcient knee. Curr Rev Musculoskelet Med 10:322–327.

[11] Ford KR, Myer GD, Brent JL, Hewett TE. Hip and knee extensor moments predict vertical jump height in adolescent girls. J Strength Condit Res. 2009;23(4):1327.

[12] Hewett TE, Myer GD, Ford KR, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. Am J Sports Med. 2005;33(4):492-501.

[13] Padua DA, Marshall SW, Boling MC, Thigpen CA, Garrett Jr WE, Beutler AI. The Landing Error Scoring System (LESS) is a valid and reliable clinical assessment tool of jump-landing biomechanics: the JUMP-ACL study. Am J Sports Med. 2009;37(10):1996-2002.

[14] Wells GA, Shea B, O'Connell D, Peterson J, Welch V, Losos M, Tugwell P. The Newcastle–Ottawa Scale (NOS) for Assessing the Quality of Non-Randomized Studies in Meta-Analysis. 2000. (http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp)

[15] Krosshaug, T., Steffen, K., Kristianslund, E., Nilstad, A., Mok, K. M., Myklebust, G., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2016). The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries in Female Elite Soccer and Handball Players: A Prospective Cohort Study of 710 Athletes. The American journal of sports medicine, 44(4), 874–883.

[16] Petushek, E., Nilstad, A., Bahr, R., & Krosshaug, T. (2021). Drop Jump? Single-Leg Squat? Not if You Aim to Predict Anterior Cruciate Ligament Injury From Real-Time Clinical Assessment: A Prospective Cohort Study Involving 880 Elite Female Athletes. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, 51(7), 372–378.

[17] Redler, L. H., Watling, J. P., Dennis, E. R., Swart, E., & Ahmad, C. S. (2016). Reliability of a field-based drop vertical jump screening test for ACL injury risk assessment. The Physician and sportsmedicine, 44(1), 46–52.

[18] Landis, S. E., Baker, R. T., & Seegmiller, J. G. (2018). NON-CONTACT ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT AND LOWER EXTREMITY INJURY RISK PREDICTION USING FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN AND KNEE ABDUCTION MOMENT: AN EPIDEMIOLOGICAL OBSERVATION OF FEMALE INTERCOLLEGIATE ATHLETES. International journal of sports physical therapy, 13(6), 973–984.

[19] Goetschius, J., Smith, H. C., Vacek, P. M., Holterman, L. A., Shultz, S. J., Tourville, T. W., Slauterbeck, J., Johnson, R. J., & Beynnon, B. D. (2012). Application of a clinic-based algorithm as a tool to identify female athletes at risk for anterior cruciate ligament injury: a prospective cohort study with a nested, matched case-control analysis. The American journal of sports medicine, 40(9), 1978–1984.

[20] Chun, Y., Bailey, J. P., Kim, J., Lee, S. C., & Lee, S. Y. (2021). Sex and Limb Differences in Lower Extremity Alignment and Kinematics during Drop Vertical Jumps. International journal of environmental research and public health, 18(7), 3748.

[21] 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 surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA, 23(4), 1004–1009.

[22] Leppänen, M., Pasanen, K., Kujala, U. M., Vasankari, T., Kannus, P., Äyrämö, S., Krosshaug, T., Bahr, R., Avela, J., Perttunen, J., & Parkkari, J. (2017). Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players. The American journal of sports medicine, 45(2), 386–393.

[23] Cruz, A., Bell, D., McGrath, M., Blackburn, T., Padua, D., & Herman, D. (2013). The effects of three jump landing tasks on kinetic and kinematic measures: implications for ACL injury research. Research in sports medicine (Print), 21(4), 330–342.

[24] Hewett T. E. (2016). The Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries: Letter to the Editor. The American journal of sports medicine, 44(6), NP23.

[25] Krosshaug, T., Steffen, K., Kristianslund, E., Nilstad, A., Mok, K. M., Myklebust, G., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2016). The

Vertical Drop Jump Is a Poor Screening Test for ACL Injuries: Response. The American journal of sports medicine, 44(6), NP24–NP25.

[26] Ueno, R., Navacchia, A., DiCesare, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., Ishida, T., Tohyama, H., & Hewett, T. E. (2020). Knee abduction moment is predicted by lower gluteus medius force and larger vertical and lateral ground reaction forces during drop vertical jump in female athletes. Journal of biomechanics, 103, 109669.