



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. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

# **L'efficacia di un programma di prevenzione per evitare la lesione del LCA nel giovane atleta: revisione della letteratura**

Candidato:

Dott.sa FT Irene Sofia Merola

Relatore:

Dott. FT OMPT Jacopo Disarò

# INDICE

ABSTRACT.....	3
1. INTRODUZIONE .....	5
2. MATERIALE E METODI.....	8
2.1 Ricerca.....	8
2.2 Strategia di ricerca .....	8
2.3 Criteri di eleggibilità.....	8
2.4 Stringa di ricerca .....	9
2.5 Selezione degli studi.....	10
2.6 Analisi qualitativa degli studi .....	12
3. RISULTATI .....	13
3.1 Risultati della ricerca.....	13
3.2 Risultati della valutazione qualitativa .....	24
3.3 Valutazione qualitativa degli studi di coorte .....	25
4. DISCUSSIONE .....	26
4.1 Fattori di rischio biomeccanici .....	26
4.2 Incidenza degli infortuni .....	29
5. CONCLUSIONI .....	33
6. KEY POINTS.....	34
7. ALLEGATI.....	35
7.1 Tabelle che riassumono i ROB degli studi .....	35
7.2 Newcastle - Ottawa quality assessment scale .....	37
8. BIBLIOGRAFIA.....	39

## ABSTRACT

**Background:** Tra le lesioni sportive, quelle del legamento crociato anteriore (LCA) sono le più comuni. Esse si possono verificare tramite un meccanismo traumatico avvenuto per contatto diretto oppure non da contatto; quest'ultima si verifica frequentemente negli atleti, amatoriali o competitivi, che praticano sport maggiormente a rischio, ovvero che prevedono azioni come il salto, il "cutting" e il "pivoting".

**Obiettivo:** Lo scopo di questa *review* consiste nel valutare come i programmi di prevenzione, presenti nella letteratura e basati sull'esercizio terapeutico, siano efficaci nel prevenire le lesioni del LCA, nei giovani atleti.

**Materiale e metodi:** La ricerca bibliografica è stata condotta utilizzando due banche dati, *MEDLINE* e *PEDro*, in un periodo di tempo compreso tra Ottobre 2021 e Aprile 2022. Sono stati inclusi tutti gli RCTs e gli studi prospettici che proponevano un programma di prevenzione per lesioni del LCA, basato sull'esercizio, ad una popolazione di atleti, amatoriali e non, di entrambi i sessi, che non presentavano rotture o ricostruzioni di tale legamento. Sono stati esclusi articoli che non consideravano le caratteristiche precedenti, che proponevano programmi di prevenzione per il re-injury o che coinvolgevano altre tipologie di infortunio all'arto inferiore. In seguito alla selezione degli articoli, è stata svolta un'analisi qualitativa dei *records* inclusi.

**Risultati:** La ricerca ha prodotto in tutto 883 records, in seguito alla rimozione dei duplicati, sono stati analizzati i titoli e gli abstract di 855 articoli, di cui ne sono stati esclusi 840. È stato quindi analizzato il *full-text* di 15 articoli, di questi solo 4 sono stati valutati compatibili rispetto ai criteri di eleggibilità. La qualità metodologica è bassa in tutti gli articoli trovati (sia RCT che studi prospettici).

**Conclusioni:** Attraverso questa revisione della letteratura si può affermare che un programma di prevenzione che includa esercizi muscolari di rinforzo, esercizi di equilibrio, pliometria, agilità e stretching, sembra essere utile a ridurre gli infortuni del LCA in atlete, di diverse fasce d'età, che svolgono sport ad alto rischio di infortunio (calcio, basket e pallamano). È difficile stabilire che tipo di intervento possa essere più efficace di un altro,

ma si è constatato che intervenire anche sulla funzionalità dell'anca tramite esercizi sport specifici riduce i tassi di lesione del LCA. A causa della scarsa qualità metodologica riscontrata, sarebbe necessario condurre *trial* di qualità superiore, che garantiscano un maggior rigore metodologico.

**Key words:** ACL injury, athlete, exercise therapy, prevention.

# 1. INTRODUZIONE

Tra le lesioni sportive, quelle al ginocchio rappresentano le più comuni <sup>1</sup> e la maggior parte di queste lesioni traumatiche si verifica a carico del legamento crociato anteriore – LCA – tra gli atleti. <sup>1, 2, 3</sup>

Esse si possono verificare tramite un meccanismo di contatto o di non-contatto, determinando una rottura parziale o completa del legamento. Una lesione si definisce “non da contatto” quando la rottura è dovuta allo svolgimento di movimenti rapidi durante la pratica sportiva, ossia non è causata da un trauma diretto; tale tipologia si verifica frequentemente negli atleti, amatoriali o competitivi, che praticano sport maggiormente a rischio, ovvero che prevedono azioni come il salto, il “cutting” e il “pivoting”. <sup>2, 4, 5, 6</sup>

Le rotture del LCA spesso provocano lesioni concomitanti - al menisco, con una frequenza media del 55%-65%, e alla cartilagine, con frequenza tra 16%-46% - <sup>7, 8</sup> che portano allo sviluppo di osteoartrosi, problematica molto comune entro 10-15 anni dalla ricostruzione del LCA<sup>9</sup> e più frequentemente sintomatica tra coloro che non si sottopongono all'intervento<sup>10</sup>.

Spesso, a partire dall'infortunio, la perdita della funzione dell'articolazione del ginocchio è immediata, determinando disabilità e difficoltà anche nell'esecuzione delle più semplici attività di vita quotidiana.

Le lesioni al LCA richiedono lunghi periodi di riabilitazione e la ricostruzione chirurgica - ACLR - è considerata uno standard di cura per ripristinare la stabilità del ginocchio, in quanto costituisce l'approccio di trattamento più utilizzato (circa nell'80% dei casi); l'ACLR consente al paziente di ritornare a praticare lo sport desiderato e le proprie attività ricreative e viene, in genere, raccomandata agli atleti che desiderano tornare ad un livello di attività sportiva *preinjury*. <sup>4, 11, 12, 13, 14</sup>

A tal proposito, la letteratura fornisce dei dati specifici in merito a chi possa beneficiare maggiormente dell'ACLR; i fattori presi in considerazione sono l'età del soggetto e il suo livello sportivo precedente all'infortunio: i giovani hanno un tasso più elevato di *Return to sport* (RTS), 50% negli atleti tra i 15-20 anni e 38% tra i 21-30, inoltre gli atleti di élite registrano un tasso di RTS del 83%, contro il 60% degli atleti non d'élite. <sup>15, 16, 17</sup>

Negli Stati Uniti è stato stimato un tasso di incidenza annuale di 1 lesione ogni 3500 persone, risultando approssimativamente in 95000 nuove lesioni all'anno nella popolazione generale.<sup>18</sup>

Sempre negli USA, uno studio comparativo sul rapporto dei costi/benefici della ricostruzione del LCA rispetto al solo trattamento conservativo ha stimato che la prima modalità di intervento è di gran lunga più conveniente ed efficace della seconda: essa costa circa \$ 38.000, cifra che include anche costi a lungo termine - perché la lesione di tale legamento è spesso associata a una limitazione dell'attività lavorativa oltre che fisica – e che equivale a meno della metà della spesa necessaria per la riabilitazione. <sup>19</sup>

I dati raccolti evidenziano che la lesione al LCA è un problema di salute pubblica e un notevole onere economico per la società<sup>19, 20</sup> e, in quanto tale, si rende necessario investire in trattamenti di prevenzione.

Il tempo di recupero per un infortunio al LCA è approssimativamente di 1 anno, trascorso il quale, circa il 45% degli atleti non torna allo sport agonistico.<sup>16</sup> Inoltre, laddove gli atleti riprendano la propria attività sportiva, è probabile che vedano le proprie prestazioni peggiorare. <sup>21</sup>

Anche il rischio – del 10% - di un secondo infortunio al LCA è considerevole, raddoppia se gli atleti tornano allo sport pre-lesione<sup>22</sup>, ed è maggiore specialmente nella prima fase del rientro in campo.<sup>22</sup>

È stato documentato che le donne hanno un rischio da 4 a 6 volte maggiore di subire lesioni al ginocchio rispetto agli uomini; tale differenza di genere, per le lesioni che coinvolgono il legamento crociato anteriore, è ulteriormente maggiore. <sup>23,24</sup>

Un simile rischio sembra essere correlato a fattori intrinseci ormonali, neuromuscolari e strutturali – come un volume inferiore del LCA, un orientamento più verticale del plateau tibiale nella porzione posteriore e una gola intercondiloidea più piccola – ma anche a fattori estrinseci quali forza, motivazione e prontezza psicologica. <sup>18, 25, 23, 26</sup>

Circa il 70% dei meccanismi di lesione del LCA nelle atlete sono di natura senza contatto <sup>27</sup> e si stima che il calcio e il basket femminili siano gli sport a più alto rischio di lesioni. <sup>28, 29</sup>

Le differenti modalità di allenamento proposte in diversi programmi di prevenzione sono volte a migliorare l'attivazione o gli squilibri muscolari; numerosi studi indicano che l'allenamento neuromuscolare è una strategia di prevenzione economicamente vantaggiosa<sup>30</sup> e riduce il rischio di lesioni del LCA di circa il 50% nelle atlete. <sup>31</sup>

**Lehnhart** ha proposto un training neuromuscolare in aggiunta al classico allenamento sport specifico per ridurre l'incidenza di queste lesioni. <sup>23</sup> Anche diversi articoli hanno riportato che alcuni metodi di allenamento, quali la pliometria, lo stretching, l'isometria e gli

esercizi di forza, ne riducono l'incidenza.<sup>31</sup>

Nel 2005, **Mandelbaum** ha proposto il *prevent injury and enhance performance program (PEP)*, suggerendo che gli infortuni potrebbero essere ridotti grazie a un particolare tipo di allenamento che prevede lo svolgimento di movimenti eccentrici, isometrici e concentrici sia per i muscoli posteriori della coscia che per il quadricipite.<sup>32</sup>

**Myer et al. (2013)** e **Sugimoto et al. (2016)** hanno valutato l'efficacia di differenti programmi di prevenzione, tra cui quello di **Mandelbaum**, per diversi gruppi di età, scoprendo che, nella popolazione femminile, i programmi sono più efficaci nella metà dell'adolescenza – tra 14 e 18 anni – rispetto alla tarda adolescenza – tra 18 e 20 anni – o alla prima età adulta – più di 20 anni.<sup>31, 33</sup> È interessante notare come il grado di maturazione influisca sensibilmente sul rischio di infortunio.

In questo studio è presa in esame una popolazione specifica, composta da giovani atleti che praticano diverse discipline sportive. L'obiettivo consiste nel valutare come i programmi di prevenzione, presenti nella letteratura e basati sull'esercizio terapeutico, siano efficaci nel prevenire le lesioni del LCA, quando integrati al consueto allenamento.

## 2. MATERIALE E METODI

### 2.1 Ricerca

La ricerca bibliografica è stata condotta in un periodo di tempo compreso tra Ottobre 2021 e Aprile 2022 tramite l'utilizzo di due banche dati: MEDLINE (*Medical Literature Analysis and Retrieval System Online*), tramite il motore di ricerca Pubmed e PEDro.

### 2.2 Strategia di ricerca

Per l'individuazione del quesito clinico da utilizzare per la ricerca bibliografica è stato seguito il modello P.I.C.O..

Le sue componenti sono state così strutturate:

- **Popolazione:** la popolazione presa in esame è costituita da giovani atleti che non presentano rottura del legamento crociato anteriore.
- **Intervento o trattamento:** è rappresentato dall'esercizio terapeutico
- **Comparazione:** il confronto verrà svolto con gli interventi proposti in letteratura
- **Outcome:** prevenire la rottura del legamento crociato anteriore

### 2.3 Criteri di eleggibilità

*Criteri di inclusione:*

- Studi scritti in lingua inglese o italiana;
- RCTs, studi prospettici;
- Atleti amatoriali e non, adolescenti e adulti (età non superiore a 30 anni), di entrambi i sessi, che non presentano rotture di LCA o ricostruzioni dello stesso;
- Utilizzo dell'esercizio terapeutico come programma di prevenzione delle rotture di LCA;
- Programmi di prevenzione per la prima rottura di LCA

*Criteri di esclusione:*

- Studi non in lingua inglese o italiana;
- Programmi di prevenzione che coinvolgono anche altre tipologie di infortuni dell'arto inferiore;
- Programmi di prevenzione per il *re-injury*;

- Studi che non prendono in considerazione la popolazione target o che prendono in considerazione interventi al di fuori dell'esercizio terapeutico.

Non è stato imposto nessun limite di tempo in merito all'anno di pubblicazione degli studi stessi.

## 2.4 Stringa di ricerca

Per l'individuazione degli articoli su Medline è stata creata una stringa di ricerca sulla base del quesito clinico costruito attraverso il modello P.I.C.O.: sono state individuate delle parole chiave e dei relativi sinonimi (*Mesh Terms*), che sono stati poi messi in collegamento attraverso gli operatori booleani "OR" e "AND".

Per quanto riguarda la ricerca su PEDro è stata condotta attraverso l'opzione *Advance Search*.

Di seguito sono riportate le stringhe di ricerca utilizzate su Medline e PEDro:

STRINGA MEDLINE	
<b>P</b>	(((((athlete) AND (young)) OR (football)) OR (basketball)) OR (volleyball)) OR (tennis)) OR (rugby)
<b>I</b>	(((((((((("exercise therapy"[MeSH Terms]) OR ("exercise therapy")) OR ("Resistance Training"[MeSH Terms])) OR ("Resistance Training")) OR (Rehabilitation[MeSH Terms])) OR (Rehabilitation)) OR (exercise[MeSH Terms])) OR (exercise)) OR ("rehabilitation exercise")) OR ("Exercise Trainings"))
<b>O</b>	(((((((((((((("Primary Prevention"[MeSH Terms]) OR ("prevention and control"[Subheading])) OR ("control")) AND ("Anterior Cruciate Ligament Injuries"[MeSH Terms])) OR ("Anterior Cruciate Ligament Tear")) OR ("ACL Injuries")) OR ("ACL Tears")) OR ("ACL Injury")) OR ("Injuries, ACL")) OR ("Anterior Cruciate Ligament Injury")) OR ("Tears, ACL")) OR ("Tear, ACL")) OR ("Anterior Cruciate Ligament Tears"))
<b>Razionale</b>	<b>(P) AND (I) AND (O)</b>

**Tabella 1:** identificazione della stringa di ricerca di Medline.

Questa stringa ha prodotto 811 articoli.

STRINGA PEDro	
Therapy	strength training
Problem	[no appropriate value in this field]
Body part	Lower leg or knee
Subdiscipline	sports
Topic	[no appropriate value in this field]
Method	Clinical trial
Razionale	tutti i termini di ricerca sono tra loro collegati con l'operatore booleano AND

**Tabella 2:** identificazione della stringa di ricerca di PEDro.

Questa stringa ha prodotto 72 *records*.

## 2.5 Selezione degli studi

La selezione degli studi è avvenuta attraverso il seguente processo:

- **Immissione della stringa di ricerca nei database Medline e PEDro.**
- **Selezione per titolo e *abstract*:** gli articoli ottenuti dalla ricerca sono stati eliminati sulla base della lettura del titolo e dell'*abstract* degli stessi.
- **Selezione per *full-text*:** gli articoli risultanti dalla precedente selezione sono stati scartati sulla base della lettura del *full-text* e applicando i criteri di eleggibilità.

Dalla ricerca sulle banche dati di Medline e PEDro sono risultati in totale 883 *records*. Dopo la rimozione dei duplicati, sono stati analizzati i titoli e gli *abstract* di 855 articoli, di cui ne sono stati esclusi 840.

E' stato quindi analizzato il *full-text* di 15 articoli, di questi solo 4 sono stati valutati compatibili rispetto ai criteri di eleggibilità.

Di seguito è riportato il *flow-chart* in cui è descritto il percorso di selezione degli studi:

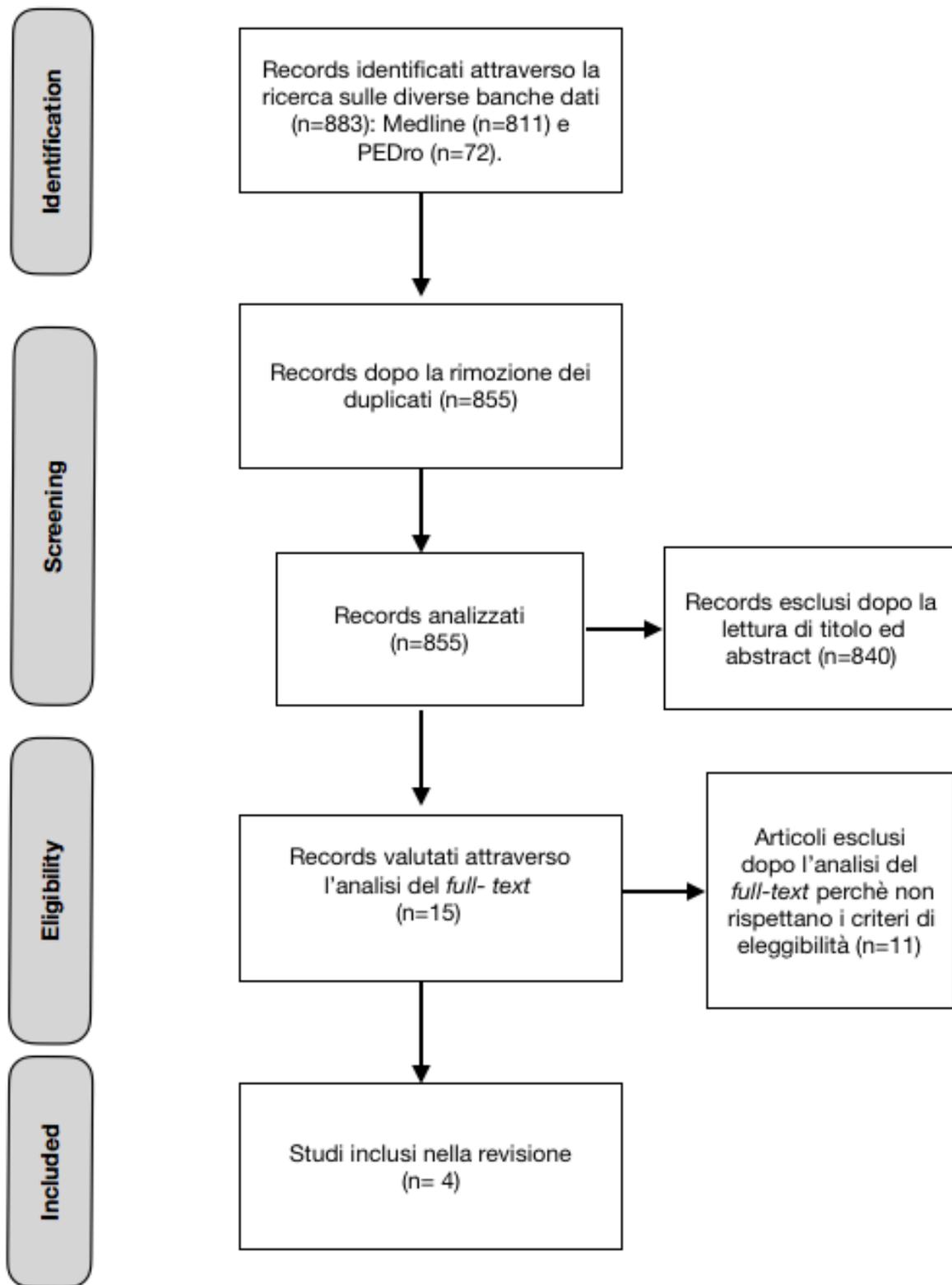


Figura 1: *flow chart* rappresentativa del processo di selezione degli studi.

## 2.6 Analisi qualitativa degli studi

L'analisi qualitativa degli studi è stata condotta attraverso la *Cochrane Risk of Bias Tool (ROB 2.0)* per quanto riguarda gli RCT e attraverso la *Newcastle-Ottawa Quality Assessment Scale (NOS)* per quanto riguarda gli studi prospettici.

La *ROB 2.0* è uno strumento che analizza il costrutto metodologico degli RCTs e permette di attribuire un giudizio in relazione all'outcome desiderato. Prevede l'analisi di 6 punti dai quali viene estratto il rischio di *bias* in relazione all'outcome precedentemente deciso. Al termine della compilazione di ogni domanda, attraverso un algoritmo, si ottiene la valutazione del rischio di *bias*. Infine, sulla base della valutazione dei sei *items*, si giunge ad un giudizio complessivo dell'articolo.

La *Newcastle-Ottawa quality assesment scale (NOS)* è uno strumento creato per studi di coorte e caso-controllo, affidabile e valido per la valutazione della qualità degli studi non randomizzati. Questa scala prevede una prima parte nella quale vengono descritti i parametri di valutazione che riguardano gli studi caso-controllo, che include un'analisi sull'uniformità e sulla rappresentatività dei casi e dei controlli, sulla comparabilità delle variabili misurate e sulla valutazione in cieco degli studi. La seconda parte prevede una descrizione dei parametri che compongono gli studi prospettici di coorte, valutando la rappresentatività della corte degli esposti, l'accertamento dell'outcome all'inizio dello studio, l'accertamento dei risultati e, anche in questo caso, la comparabilità delle variabili misurate. La *NOS* utilizza un sistema di classificazione a stelle (semiquantitativo) in cui è presente una stella da assegnare per ciascun criterio riportato, ad eccezione della "Comparabilità delle coorti" in cui possono esserne assegnate due. Il punteggio della scala varia da un minimo di 0 punti fino ad un massimo di 9 punti, stabilendo in modo crescente l'alto, medio o basso rischio di *bias* dello studio.

## 3. RISULTATI

### 3.1 Risultati della ricerca

Dalla ricerca sui database sono risultati in totale 4 studi: 2 RCT e 2 studi prospettici.

Dall'analisi dei *full-text* è emerso che tutti gli articoli prendono in considerazione una popolazione di giovani atlete, di questi uno studio coinvolge delle calciatrici e delle giocatrici di pallamano<sup>34</sup>, uno solo delle calciatrici<sup>35</sup> e due studi coinvolgono delle giocatrici di Basket<sup>36,37</sup>. Tutte le atlete di questi studi appartengono a delle squadre, in due studi le atlete frequentano il college<sup>35,37</sup>, presentando un'età compresa tra i 18-21anni, nei restanti appartengono a scuole medie e superiori<sup>34,36</sup> con età compresa tra 12-16 anni.

In tutti gli studi vengono presi in considerazione dei programmi di prevenzione degli infortuni del LCA basati sull'esercizio.

Nello studio di **Mette K Zebis et al.**<sup>34</sup> viene somministrato un programma neuromuscolare come riscaldamento prima dell'allenamento; in quello di **Cristina Rodriguez et al.**<sup>35</sup> il programma somministrato in aggiunta all'allenamento è il *PEP Program*. **Yorikatsu Omi et al.**<sup>37</sup> è l'unico che prende in esame un *HIP Training* incentrato sul rinforzo dei muscoli dell'anca per prevenire gli infortuni del LCA.

Per concludere **Reiko Otsuki et al.**<sup>36</sup>, suddivide la popolazione in diversi stadi puberali (*early*, *late*, *post – pubertal*) per indagare come un programma di prevenzione influisce sulla biomeccanica del ginocchio a diversi stadi di maturazione.

Le misure di outcome prese in considerazione in questi studi riguardano la forza del quadricipite e degli *hamstrings*, l'altezza di un salto verticale, lo spostamento mediale del ginocchio e il momento di abduzione del ginocchio. Un solo studio prende in esame i tassi d'incidenza di lesioni del LCA.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva degli studi presi in analisi:

<b>Autore</b>	<b>Tipo di studio</b>	<b>Popolazione</b>	<b>Intervento vs Controllo</b>	<b>Obiettivo dello studio</b>	<b>Follow up</b>	<b>Risultati</b>
<b>Mette K Zebis et al (2016)</b>	RCT	Calciatrici e giocatrici di pallamano (appartenenti ad uno Sport Colleghi di Copenhagen), femmine, con età di 15-16 anni	40 partecipanti randomizzate in gruppo di neuromuscolare (20) e gruppo di controllo (20).  -Intervento (NMT): alle giocatrici viene somministrato come riscaldamento un programma di prevenzione neuromuscolare prima dell'allenamento 3 volte a settimana per 12 settimane. Il programma neuromuscolare include l'utilizzo di tavolette propriocettive, tappeti per l'equilibrio e palloni da calcio o pallamano.	Valutare gli effetti di un programma di prevenzione degli infortuni dell'arto inferiore sui fattori di rischio biomeccanici e neuromuscolari nelle lesioni dell'LCA da non contatto.	Le misure di outcome primarie e secondarie venivano rilevate alla baseline e al follow-up dopo 12 settimane di trattamento.	Come outcome primario viene valutata la pre-attivazione neuromuscolare del quadricipite (VL) meno la pre-attivazione degli hamstrings (ST) durante un movimento di taglio standardizzato e rilevato tramite EMG (VL-ST EMG).  Come outcome secondari sono valutati: - la pre-attivazione di ST, VL e del bicipite femorale (BF) durante un movimento di taglio laterale, misurato tramite EMG - angolo valgo del ginocchio al contatto iniziale con il terreno (IC) e il massimo momento di valgo misurato con un'analisi 3D del movimento - Forza muscolare degli hamstring misurata con un dinamometro tenuto a mano  Nel gruppo NMT è stata

			<p>-Controllo (CON): prima dell'allenamento svolgono esercizi di riscaldamento abituali</p>			<p>rilevato un aumento della pre-attivazione degli ST rispetto a VL prima del movimento di taglio.<sup>[1][SEP]</sup></p> <p>Nel gruppo CON la differenza di pre-attivazione VL-ST EMG risulta a favore di VL.</p>
--	--	--	---	--	--	--

<p><b>Cristina Rodriguez et al (2018)</b></p>	<p>studio longitudinale prospettico</p>	<p>20 calciatrici, femmine reclutate dalle squadre maggiori appartenenti all'UNAM (università nazionale e autonoma del Messico), di età compresa tra i 18-20 anni</p>	<p>Alle 20 calciatrici viene somministrato il PEP Program 3 volte/settimana come parte dell'allenamento di squadra per un periodo di 24 settimane. Il PEP Program consiste in una parte di riscaldamento, stretching, pliometria e una parte di agilità sportiva specifica per fronteggiare eventuali deficit di forza e coordinazione dei muscoli stabilizzatori del ginocchio</p>	<p>Valutare l'importanza della forza muscolare e l'allineamento del ginocchio valgo utilizzando un programma di prevenzione degli infortuni e miglioramento delle performance (PEP Program) per prevenire le lesioni dell'LCA nelle calciatrici durante un'intera stagione.</p>	<p>Follow-up degli outcome svolto dopo 24 settimane.</p>	<p>Come outcome vengono presi in considerazione l'altezza di un salto verticale, la forza del quadricipite e degli hamstrings e la loro differenza (Q/H), la distanza tra le ginocchia in relazione ai fianchi durante l'atterraggio da un salto. Al termine del programma (follow-up) l'altezza del salto non ha subito cambiamenti significativi; la forza del quadricipite e degli hamstrings della gamba destra sono aumentate significativamente rispetto alla gamba sinistra, così come il rapporto Q/H è diminuito per entrambi gli arti; la distanza tra le ginocchia rispetto ai fianchi è lievemente aumentata. Post programma l'incidenza di infortuni agli AAI è aumentata nelle partite e si è ridotta negli allenamenti, ma non ci sono state lesioni dell'LCA.</p>
---	---	---	---	---	--	---

<p><b>Reiko Otsuki et al (2021)</b></p>	<p>Non-randomized controlled trial</p>	<p>178 giocatrici di basketball, femmine, appartenenti a 5 scuole medie inferiori e 6 scuole superiori, di età compresa tra 12-16 anni</p>	<p>Al gruppo di intervento (I) viene somministrato un programma di prevenzione 3 volte/settimana in aggiunta all'allenamento e ne fanno parte le giocatrici appartenenti a 2 scuole medie e 3 scuole superiori; mentre al gruppo di controllo (C) viene somministrato il consueto programma di allenamento e ne fanno parte le giocatrici che appartengono a 3 scuole medie e 3 scuole superiori.</p> <p>I gruppi di I e di C vengono a loro volta</p>	<p>Il presente studio ha indagato gli effetti di un programma di prevenzione degli infortuni del LCA basato sulla meccanica del ginocchio delle giocatrici di basket a diversi stadi di maturazione</p>	<p>le misure di outcome vengono rilevate all'inizio e alla fine del periodo di allenamento.</p>	<p>Come misure di outcome sono stati presi in considerazione alcuni fattori biomeccanici come:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lo spostamento mediale del ginocchio</li> <li>-il range di movimento in flessione del ginocchio</li> <li>-la probabilità di un momento di abduzione a ginocchio alto</li> </ul> <p>Dopo il periodo di allenamento di sei mesi, lo spostamento mediale del ginocchio è aumentato significativamente nel gruppo EC mentre è rimasto invariato nel gruppo ET. Il range di movimento della flessione del ginocchio è stato significativamente ridotto nel gruppo EC mentre non è cambiato nel gruppo ET. La probabilità di un momento di abduzione a ginocchio alto è aumentata nel gruppo EC mentre è rimasta invariata nel gruppo ET. Anche la probabilità di un</p>
---	--	--	--	---	---	---

		<p>divisi in 3 gruppi a seconda dello stato di maturazione puberale delle giatrici:</p> <p>Early-pubertal training (ET), early-pubertal control (EC), late-pubertal training (LT), late-pubertal control (LC), post-pubertal training (PT), and post-pubertal control (PC).</p> <p>lo studio dura 6 mesi.</p> <p>Questo programma includeva abilità specifiche del basket, come Two-legged squats, one-legged squats, Squat jumps, Tuck jumps, 180° jumps, lateral hops,</p>			<p>momento di abduzione a ginocchio alto è stata ridotta nel gruppo PT mentre non è cambiata nel gruppo PC. Nei gruppi LC e LT non ci sono stati cambiamenti significativi in tutti e 3 gli outcomes.</p> <p>Il programma ha limitato lo sviluppo di modelli di movimento ad alto rischio associati alla maturazione nella prima pubertà, migliorando al contempo la meccanica del ginocchio negli adolescenti post-puberale.</p>
--	--	--	--	--	---

			<p>contact hops, pivoting, two- legged plant and cut.</p> <p>Il programma era lungo circa 20 minuti ed è stato implementato come routine di riscaldamento.</p>			
--	--	--	--	--	--	--

<p><b>Yorikatsu Omi et al (2018)</b></p>	<p>studio di coorte prospettico condotto per 12 anni</p>	<p>757 giocatrici di basketball del college, femmine, con età compresa tra 19-21 anni</p>	<p>Lo studio si divide in 2 fasi: un periodo di osservazione di 4 anni (2003-2006) e un periodo di intervento di 8 anni (2007-2014). Il periodo di intervento di 8 anni è stato ulteriormente suddiviso in due segmenti di 4 anni, costituiti dal periodo di intervento I (2007-2010) e dal periodo di intervento II (2011-2014).</p> <p>I tassi di incidenza degli infortuni LCA sono stati raccolti da 309 giocatrici di basket nel periodo di osservazione. Dopo il periodo di osservazione,</p>	<p>Determinare l'efficacia di un programma di prevenzione degli infortuni al LCA incentrato sull'anca nelle giocatrici di basket</p>	<p>Non sono presenti informazioni inerenti ai periodi di follow up, ma si suppone che avvenga ogni 4 anni.</p>	<p>Come misure di outcome sono presi in considerazione i tassi di incidenza delle lesioni complessive del LCA e le lesioni di LCA da non contatto.</p> <p>I tassi di incidenza delle lesioni complessive del LCA sono confrontati tra il periodo di osservazione e quello di intervento (I e II); la stessa cosa viene fatta con i tassi di incidenza delle lesioni del LCA non da contatto.</p> <p>Poi, i tassi di incidenza di lesioni del LCA complessive e senza contatto sono stati confrontati separatamente tra il periodo di osservazione e il periodo di intervento I e tra il periodo di osservazione e il periodo di intervento II.</p> <p>Su questi tassi sono stati calcolati i seguenti dati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'esposizione dell'atleta al rischio di infortunio (AEs)</li> <li>- il numero e i meccanismi lesionali</li> </ul>
--	--	---	---	--	--	--

		<p>268 giocatori hanno partecipato al periodo di intervento I. Durante il periodo di intervento II, 180 giocatori hanno eseguito l'intervento assegnato.</p> <p>Durante il periodo di osservazione, le giocatrici hanno mantenuto la loro routine di basket, il programma di allenamento e il riscaldamento.</p> <p>L'intervento consisteva in 2 parti: istruzione e training focalizzato sull'anca (HIP training). La sessione di educazione</p>		<p>(MOIs) del LCA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il rischio relativo (RR)</li> <li>- la riduzione del rischio assoluto (ARR)</li> <li>- i numeri necessari per il trattamento (NNT)</li> <li>- la compliance</li> </ul> <p>Le analisi svolte hanno indicato una riduzione del 62% del RR sul tasso delle lesioni del LCA durante il periodo di intervento totale rispetto a quello di osservazione, così come un ARR del 3,2%. L'analisi NNT del periodo di intervento totale di 8 anni (una combinazione dei periodi di intervento I e II) ha indicato che sono necessari almeno 32 giocatori per prevenire 1 infortunio ACL, che è considerevolmente inferiore rispetto ai valori individuati da un rapporto passato.</p> <p>Allo stesso modo, quando i dati sono stati analizzati sulla base della lesione di LCA senza contatto, è stata notata una percentuale di riduzione del RR della lesione LCA</p>
--	--	---	--	---

		<p>era incentrata sui meccanismi lesionali da non contatto del LCA e sulla spiegazione dell'HIP training; questa prevedeva 3 sessioni a stagione (sia pre che in-season) prima di ogni progressione. L'HIP training è stato progettato per migliorare progressivamente la funzione dell'articolazione dell'anca attraverso manovre di salto-atterraggio, allenamento della forza ed equilibrio. Ogni sessione dura circa 20 minuti ed è stata eseguita 3 volte a</p>		<p>del 63%. Il valore ARR dell'infortunio al LCA senza contatto durante la combinazione dei periodi di intervento I e II era del 2,4% e l'analisi NNT ha mostrato che sono necessari almeno 42 giocatori per prevenire 1 infortunio al LCA senza contatto. Il valore ottenuto dall'analisi NNT era inferiore ai valori trovati in precedenti indagini, il che suggerisce l'efficacia del protocollo di allenamento HIP. La riduzione del RR durante il periodo di intervento II rispetto al periodo di osservazione è stata del 68% per la lesione del LCA globale e del 61% per la lesione del LCA senza contatto. La riduzione del RR si è riflessa nei tassi di incidenza delle lesioni LCA. I tassi di incidenza delle lesioni del LCA sono stati ridotti sia nel periodo di intervento I (0,11/1000 AE) che nel periodo di</p>
--	--	--	--	---

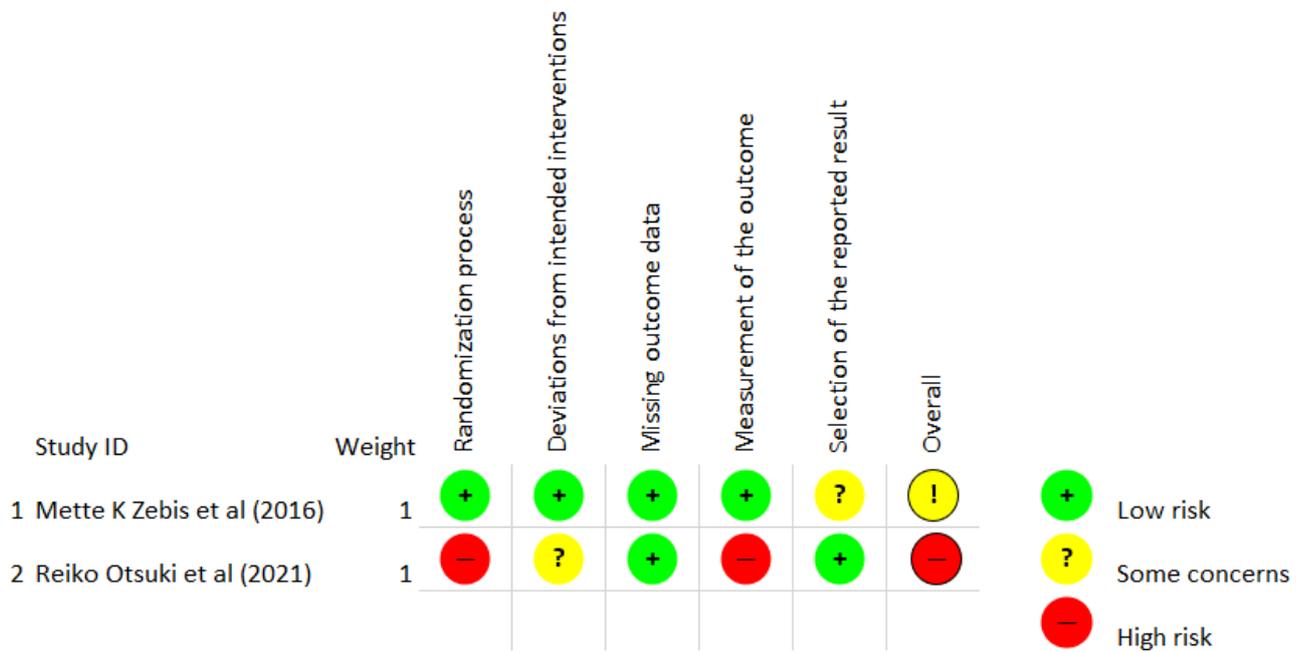
			<p>settimana durante tutta la stagione (sia pre-season che in-season). Il programma di allenamento HIP è stato aggiornato 3 volte durante ogni stagione.</p>			<p>intervento II (0,08/1000 AE) rispetto al periodo di osservazione (0.25/1000 AEs).</p>
--	--	--	--	--	--	--

**Tabella 3.** riassunto degli articoli inclusi.

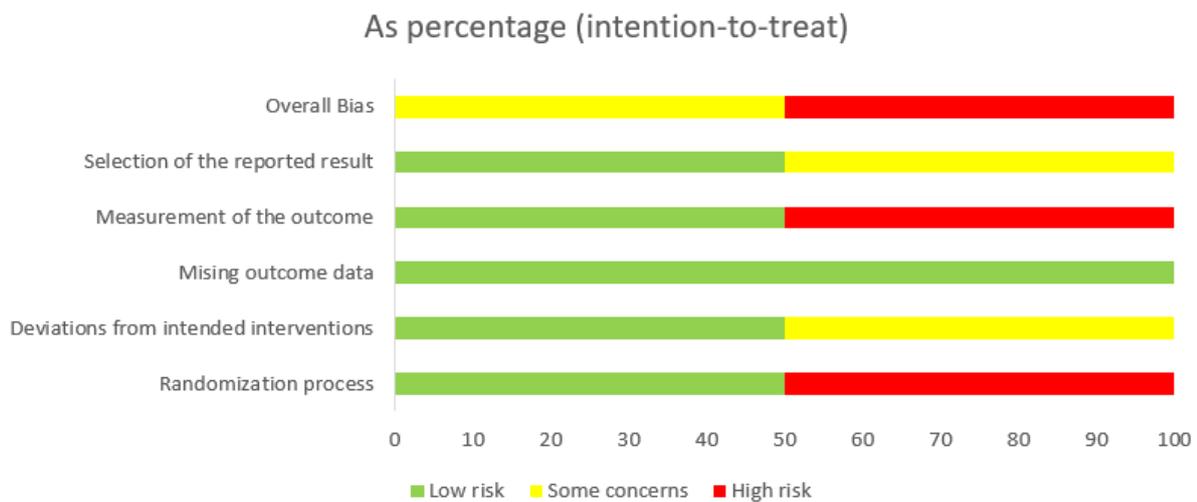
Abbreviazioni presenti in tabella: LCA – legamento crociato anteriore; NMT – Neuromotorio; INT – gruppo di intervento; CON – gruppo di controllo.

### 3.2 Risultati della valutazione qualitativa

Di seguito sono riportate le tabelle riassuntive della valutazione qualitativa degli articoli.



**Figura 2.** Grafico che mostra la valutazione qualitativa degli RCT svolta attraverso il ROB 2.0



**Figura 3.** Grafico che mostra la valutazione qualitativa degli RCT mettendoli a confronto

### 3.3 Valutazione qualitativa degli studi di coorte

Articoli	Selezione				Comparabilità	Outcome			Totale
	Rappresentatività della coorte degli esposti	Selezione della coorte di non esposti	Accertamento dell'esposizione	Dimostrazione che l'outcome non era presente all'inizio dello studio		Valutazione del risultato	Il follow-up è stato abbastanza lungo perché si verificassero i risultati	Adeguatezza del follow up delle coorti	
Cristina Rodriguez et al (2018)			1			1	1	3	
Yorikatsu Omi et al (2018)			1			1	1	3	

**Tabella 4.** riassunto dell'analisi qualitativa degli studi di coorte

Dall'analisi qualitativa degli RCT effettuata attraverso la scala *ROB 2.0* (allegato 7.1) sono risultati uno studio con rischio di *bias* indefinito e uno con un alto rischio di *bias*.

In quello di **Mette K Zebis et al (2016)** notiamo che c'è dell'incertezza in merito ai risultati che sono stati riportati, ma c'è basso rischio in tutte le altre voci della scala; invece, nello studio di **Reiko Otsuki et al.** È presente un elevato rischio di *bias* sia nella randomizzazione che nella misurazione degli *outcomes* e c'è incertezza metodologica nella deviazione dall'intervento previsto.

L'analisi qualitativa dei due studi di coorte, svolta tramite *NOS* (allegato 7.2), ha riportato un alto rischio di *bias*, evidenziando quindi una qualità bassa degli stessi. È importante sottolineare che entrambi sono prospettici e non presentano una coorte parallela di controllo, mentre i soggetti selezionati nella coorte di esposti non sono rappresentativi di una popolazione generale.

## 4. DISCUSSIONE

L'obiettivo di questa revisione consiste nel valutare come i programmi di prevenzione, presenti nella letteratura e basati sull'esercizio terapeutico, siano efficaci nel prevenire le lesioni del LCA, quando integrati al consueto allenamento in una popolazione di giovani atleti che non ha mai subito infortuni.

Ad oggi, in letteratura sono pochi gli studi che presentano dei programmi di prevenzione somministrati ad una popolazione con simili caratteristiche, ed è difficile trovarne di relativi al solo LCA, perché spesso prendono in considerazione anche altri infortuni del ginocchio.

### 4.1 Fattori di rischio biomeccanici

In tutti gli studi analizzati sono considerati dei programmi di prevenzione degli infortuni del LCA basati sull'esercizio.

**Mette K Zebis et al (2016)**<sup>34</sup> propone, come intervento, un programma neuromuscolare (*NMT training*) sviluppato dal personale medico dell'*Oslo Sports Trauma Research Center* e dal personale tecnico della *Norwegian Handball Federation*<sup>38</sup>, allo scopo di intervenire sui fattori di rischio biomeccanici e neuromuscolari che portano alla lesione del legamento crociato anteriore. Questo programma è somministrato come riscaldamento, prima che le giocatrici di calcio e pallamano svolgano il consueto allenamento; esso prevede di incrementare la consapevolezza e il controllo motorio di anche, ginocchia e caviglie durante il mantenimento della stazione eretta, la corsa, il *side cutting*, il salto e l'atterraggio, proponendo esercizi di equilibrio che contemplano l'utilizzo di piani instabili – come tavolette propriocettive e tappeti per l'equilibrio – e aggiungendo delle perturbazioni, anche tramite l'utilizzo di palloni, come nel caso dei passaggi di palla tra una giocatrice l'altra.<sup>34,38</sup>

Gli *outcomes* misurati sono relativi alla pre-attivazione neuromuscolare, rilevata mediante elettromiografia, del quadricipite e degli *hamstrings* durante i cambi di direzione, all'angolo valgo del ginocchio durante l'atterraggio da un salto ed alla forza muscolare degli *hamstrings*. Dall'analisi dei risultati di questo studio, è emerso che il gruppo che ha svolto il riscaldamento *NMT* ha ridotto l'attivazione del quadricipite e incrementato quella degli *hamstrings* rispetto al gruppo di controllo, che ha svolto il consueto riscaldamento pre-allenamento; questo dato induce ad interpretare tale parametro come un fattore di protezione nei confronti delle lesioni del LCA non da contatto; viceversa, l'aumento

dell'attivazione del quadricipite – avvenuto nel gruppo di controllo – predisporrebbe ad un incremento del rischio di infortunio.<sup>39</sup> In questo RCT il gruppo di intervento non ha presentato eventi avversi.

Lo studio prospettico di **Cristina Rodriguez et al (2018)** utilizza il *Prevent Injury and Enhance Performance Program (PEP program)* come intervento da somministrare ad un gruppo di giocatrici di calcio. Lo scopo di tale articolo è valutare l'importanza della forza muscolare e l'allineamento del ginocchio valgo, per prevenire le lesioni dell'LCA durante un'intera stagione calcistica. Il *PEP Program* (figura 4) è stato proposto da **Mandelbaum (2005)**<sup>32</sup> ed è costituito da riscaldamento, *stretching*, pliometria e agilità sport specifica, per affrontare potenziali deficit di forza e coordinazione dei muscoli stabilizzatori dell'articolazione del ginocchio. Secondo quanto riferisce lo studio analizzato, questo intervento è aggiunto al normale allenamento svolto dalle calciatrici e dura 24 settimane. Anche in questo studio, uno degli *outcomes* è rappresentato dalla differenza tra la forza del quadricipite e degli *hamstrings*; al *follow-up* svolto dopo 24 settimane si nota un incremento della forza di entrambi i gruppi muscolari e una riduzione della loro differenza. È noto che i muscoli posteriori della coscia e il quadricipite proteggono il legamento crociato anteriore dai meccanismi di varo-valgo e dallo spostamento della tibia sul femore, ossia gli *hamstrings* riequilibrano il movimento anteriore della tibia.<sup>26</sup> Nella popolazione femminile è stata rilevata un'aumentata attivazione del quadricipite e una diminuzione dell'attivazione dei muscoli posteriori della coscia, che potrebbe aumentare la possibilità che si crei una forza di taglio anteriore al ginocchio;<sup>40</sup> per tale motivo, uno squilibrio tra questi muscoli può costruire un fattore di rischio per le rotture del LCA.<sup>13</sup>

In accordo con lo studio di **Mette K Zebis**, è importante sottolineare che non si sono verificate lesioni a carico del LCA: nonostante il tasso di infortuni all'arto inferiore sia aumentato durante la partita, esso si è ridotto durante gli allenamenti.

Sono stati esaminati altri parametri, che tuttavia non hanno comportato cambiamenti significativi: l'altezza di un salto verticale e la distanza delle ginocchia in relazione ai fianchi durante l'atterraggio da un salto.

Prevent Injury and Enhance Performance Program<sup>a</sup>

Exercise	Distance	Repetitions/ Time
1. Warm-up		
Jog line to line	50 yd	1
Shuttle run	50 yd	1
Backward running	50 yd	1
2. Stretching		
Calf stretch	NA	2 × 30 s
Quadriceps stretch	NA	2 × 30 s
Hamstring stretch	NA	2 × 30 s
Inner thigh stretch	NA	2 × 30 s
Hip flexor stretch	NA	2 × 30 s
3. Strengthening		
Walking lunges	20 yd	2 passes
Russian hamstring	NA	30 s
Single-toe raises	NA	30, bilaterally
4. Plyometrics		
Lateral hops	2- to 6-in cone	30 s
Forward hops	2- to 6-in cone	30 s
Single-legged hops	2- to 6-in cone	30 s
Vertical jumps	NA	30 s
Scissors jumps	NA	30 s
5. Agilities		
Shuttle run	40 yd	1
Diagonal run	40 yd	1
Bounding run	45-50 yd	1

<sup>a</sup>NA, not applicable.

Figura 4. Illustrazione dettagliata del *PEP Program* di Mandelbaum.

**Reiko Otsuki et al (2021)**, a differenza degli altri autori, seleziona una popolazione di giocatrici di basket, di diverse fasce d'età, in quanto vuole indagare quali effetti si ottengano sulla biomeccanica del ginocchio, somministrando al gruppo di intervento un programma di prevenzione per gli infortuni del LCA.

tanto il gruppo che riceve il programma, quanto il gruppo di controllo, vengono divisi in 3 sottogruppi, in relazione allo stato di maturazione puberale delle partecipanti, per un totale di 6 gruppi: *Early-pubertal training (ET)*, *early-pubertal control (EC)*, *late-pubertal training (LT)*, *late-pubertal control (LC)*, *post-pubertal training (PT)*, e *post-pubertal control (PC)*.

Diversi studi hanno mostrato come l'incidenza del tasso di infortuni al LCA, nella popolazione femminile, aumenti significativamente dopo l'inizio della pubertà, raggiungendo il picco tra i 15-19 anni; <sup>41</sup> ciò è dovuto a cambiamenti biomeccanici che si verificano durante la crescita, dal momento che nella donna tende ad aumentare il valgismo e a ridursi la flessione di ginocchio, entrambe modificazioni che sono considerate fattori di rischio per le rotture del LCA. <sup>42, 43</sup>

In questo RCT non randomizzato, il programma somministrato alle atlete include abilità

specifiche del basket – come *two-legged squats, one-legged squats, squat jumps, tuck jumps, 180° jumps, lateral hops, contact hops, pivoting, two-legged plant and cut* – si rifà a diversi studi proposti in letteratura.<sup>13, 32</sup> Tale programma ha una durata di circa 20 minuti, ed è stato implementato come routine di riscaldamento. Come misure di *outcome* sono stati valutati fattori biomeccanici quali lo spostamento mediale del ginocchio, il range di movimento in flessione del ginocchio e la probabilità di un momento di abduzione a ginocchio alto.

Dopo il periodo di allenamento di sei mesi, lo spostamento mediale del ginocchio è aumentato significativamente nel gruppo EC, mentre è rimasto invariato nel gruppo ET. Il range di movimento della flessione del ginocchio è stato significativamente ridotto nel gruppo EC, al contrario del gruppo ET, dove non è cambiato. La probabilità di un momento di abduzione a ginocchio alto è aumentata nel gruppo EC, rimanendo invariata nel gruppo ET. Anche la probabilità di un momento di abduzione a ginocchio alto è stata ridotta nel gruppo PT, ma non nel gruppo PC. Nei gruppi LC e LT non si sono verificati cambiamenti significativi in tutti e 3 gli *outcomes*.

Il programma ha limitato lo sviluppo di modelli di movimento ad alto rischio associati alla maturazione nella prima pubertà, migliorando al contempo la meccanica del ginocchio negli adolescenti post-puberale.

## 4.2 Incidenza degli infortuni

Come articolo conclusivo, è stato preso in esame quello di **Yorikatsu Omi et al (2018)**, che utilizza un programma di prevenzione per il LCA incentrato sull'anca.

Gli autori hanno condotto uno studio prospettico della durata di 12 anni, suddiviso in 3 periodi: osservazionale, intervento I e intervento II.

Durante il periodo di osservazione, le giocatrici hanno mantenuto la loro routine di basket, il programma di allenamento e il riscaldamento.

L'intervento consiste in 2 parti: istruzione e training focalizzato sull'anca (*HIP training*).

La sessione di educazione è incentrata sui meccanismi lesionali da non contatto del LCA e sulla spiegazione dell'*HIP training*; essa prevede 3 sessioni a stagione, sia pre che in-season, prima di ogni progressione.

L'*HIP training* è stato progettato per migliorare progressivamente la funzione dell'articolazione dell'anca attraverso manovre di salto-attezzaggio, allenamento della forza ed equilibrio.

Ogni sessione dura circa 20 minuti ed è stata eseguita 3 volte a settimana durante tutta la

stagione.

Il programma di allenamento HIP è stato aggiornato 3 volte durante ogni stagione, incrementando la difficoltà degli esercizi di atterraggio, rinforzo ed equilibrio (figura 5).

Hip-Focused Injury Prevention Training Protocol						
Component	Stage 1		Stage 2		Stage 3	
	Exercise	Repetitions	Exercise	Repetitions	Exercise	Repetitions
<b>Intervention Period I (2007-2010)</b>						
Jump-landing	Rebound jump (ball catch)	10	Rebound jump with push (ball catch)	10	Rebound jump with push (ball catch)	10
	180° turn	10	180° turn (ball catch)	10	180° turn (ball catch)	10
	Front-back jump (both legs)	10	Front-back jump (single leg)	10	Front-back jump (single leg)	10
Strengthening	Side jump (both legs)	10	Side jump (single leg)	10	Side jump (single leg)	10
	Single leg squat	10 × 2	Single leg squat with dumbbell	10 × 2	Single leg squat with dumbbell	10 × 2
	Side bridge	30 s × 2	Side bridge and hip abduction	20 × 2	Side bridge and hip abduction with moderate or strong level of the flexible band	20 × 2
	Hip lift (both legs)	10 × 2	Hip lift (single leg)	10 × 2	Hip lift (single leg) on Bosu ball	10 × 2
	Russian hamstring	10 × 2	Russian hamstring	10 × 2	Russian hamstring with dumbbell	10 × 2
	Standing hip abduction	20 × 2	Standing hip abduction with weak level of the flexible band	20 × 2	Standing hip abduction with moderate or strong level of the flexible band	20 × 2
	Balance (on Bosu ball)	Double-leg balance and pass	30 s × 2	Single-leg balance and dribble	30 s × 2	Single-leg balance and dribble
	Single-leg balance	30 s × 2	Forward lunge on Bosu ball	10 × 2	Single leg squat on Bosu ball	10 × 2
<b>Intervention Period II (2011-2014)</b>						
Jump landing with band	Rebound jump (ball catch)	10	Rebound jump with push (ball catch)	10	Contact jump	10
	180° turn (ball catch)	10	180° turn (ball catch)	10	90° turn with push (ball catch)	10
	Front-back jump (both legs)	10	Front-back jump (single leg)	10	Single-leg hop (ball catch)	10
Strengthening	Side jump (both legs)	10	Side jump (single leg)	10	Side jump (ball catch)	10
	Hip external rotation with weak level of the flexible band	20 × 2	Hip external rotation with moderate level of the flexible band	20 × 2	Hip external rotation with strong level of the flexible band	20 × 2
	Side bridge	30 s × 2	Side bridge and hip abduction	20 × 2	Side bridge and hip abduction with moderate or strong level of the flexible band	20 × 2
	Hip lift (both legs)	10 × 2	Hip lift (single leg)	10 × 2	Hip lift (single leg) on Bosu ball	10 × 2
	Russian hamstring	10 × 2	Russian hamstring	10 × 2	Russian hamstring with dumbbell	10 × 2
	Standing hip abduction with weak level of the flexible band	20 × 2	Standing hip abduction with moderate level of the flexible band	20 × 2	Sidestep walk with moderate or strong level of the flexible band	15m × 2
	Balance (on Bosu ball)	Bilateral squat	20 × 2	Single leg squat	20 × 2	Cross-leg hop forward
	Single-leg balance and dribble	30 s × 2	Forward lunge	30 s × 2	Side hop	30 s × 2

**Figura 5.** HIP training proposto nello studio di Yorikatsu Omi et al., che mostra nel dettaglio gli esercizi proposti nei due periodi di intervento e le progressioni svolte durante la stagione.

Come misure di *outcome*, sono presi in considerazione i tassi di incidenza delle lesioni complessive del LCA e le lesioni di LCA da non contatto.

I tassi di incidenza delle lesioni complessive del LCA sono confrontati tra il periodo di osservazione e quello di intervento (I e II); la stessa operazione viene fatta con i tassi di incidenza delle lesioni del LCA non da contatto.

Successivamente, i tassi di incidenza di lesioni del LCA complessive e senza contatto sono confrontati separatamente tra il periodo di osservazione e il periodo di intervento I, e tra il periodo di osservazione e il periodo di intervento II.

Su questi tassi sono stati calcolati i seguenti dati: l'esposizione dell'atleta al rischio di infortunio (AEs), il numero e i meccanismi lesionali (MOIs) del LCA, il rischio relativo (RR),

la riduzione del rischio assoluto (ARR), i numeri necessari per il trattamento (NNT) e la compliance. Le analisi svolte hanno indicato una riduzione del 62% del RR sul tasso delle lesioni del LCA durante il periodo di intervento totale rispetto a quello di osservazione, così come un ARR del 3,2%. L'analisi NNT del periodo di intervento totale di 8 anni (una combinazione dei periodi di intervento I e II) ha indicato che sono necessari almeno 32 giocatori per prevenire 1 infortunio ACL, che è considerevolmente inferiore rispetto ai valori individuati da un report passato.<sup>44</sup>

Allo stesso modo, quando i dati sono stati analizzati sulla base della lesione di LCA senza contatto, è stata notata una percentuale di riduzione del RR della lesione LCA del 63%. Il valore ARR dell'infortunio al LCA senza contatto durante la combinazione dei periodi di intervento I e II era del 2,4% e l'analisi NNT ha mostrato che sono necessari almeno 42 giocatori per prevenire 1 infortunio al LCA senza contatto. Il valore ottenuto dall'analisi NNT è inferiore ai valori trovati in precedenti indagini, il che suggerisce l'efficacia del protocollo di allenamento HIP.<sup>44, 45</sup>

La riduzione del RR durante il periodo di intervento II rispetto al periodo di osservazione è stata del 68% per la lesione del LCA globale e del 61% per la lesione del LCA senza contatto. La riduzione del RR si è riflessa nei tassi di incidenza delle lesioni LCA. I tassi di incidenza delle lesioni del LCA sono stati ridotti sia nel periodo di intervento I (0,11/1000 AE), che nel periodo di intervento II (0,08/1000 AE), rispetto al periodo di osservazione (0,25/1000 AEs). I tassi di incidenza degli infortuni LCA sono stati raccolti da 309 giocatrici di basket nel periodo di osservazione. Dopo il periodo di osservazione, 268 giocatori hanno partecipato al periodo di intervento I. Durante il periodo di intervento II, 180 giocatori hanno eseguito l'intervento assegnato.

Questo articolo, a differenza dei tre precedentemente illustrati, non considera dei fattori biomeccanici come misure di *outcome* ma l'incidenza di lesione del LCA. Rispetto ai dati precedentemente esposti, si può concludere che un *HIP training* specifico per le giocatrici di basket riduce significativamente i tassi di infortunio al legamento crociato anteriore, E ciò è dovuto al fatto che molti tipi di esercizi sono eseguiti simulando movimenti specifici del basket, è enfatizzato il miglioramento della funzione dell'anca e Si sono raggiunti alti livelli di *compliance* ed un adeguato dosaggio.

Purtroppo, il fatto che non ci sia stata una randomizzazione delle partecipanti, che esse non siano rappresentative di una popolazione generale, che sia assente una coorte

parallela e non vengano indicati i periodi di follow-up rende questo articolo di bassa qualità metodologica e ad elevato rischio di *bias*.

## 5. CONCLUSIONI

La presente revisione prende in considerazione una popolazione di atlete donne appartenenti a differenti discipline sportive e che non hanno mai subito precedenti infortuni al LCA. Tutti gli studi esaminati implementano il classico allenamento svolto dalle giocatrici con un programma di prevenzione neuromuscolare composto da esercizi di rinforzo, esercizi di equilibrio e pliometrici. Ciò mostra come questa tipologia di approccio influisca positivamente sui fattori di rischio biomeccanici delle lesioni del LCA, andando a ridurre l'incidenza.

Purtroppo, tutti questi studi presentano una scarsa qualità metodologica e un elevato rischio di *bias*. Per tali motivi, sarebbe necessario condurre *trial* di qualità superiore, che garantiscano un maggior rigore metodologico.

## 6. KEY POINTS

- La lesione del legamento crociato anteriore (LCA) è uno degli infortuni più comuni tra gli atleti che praticano sport in cui prevalgono azioni come il salto e i cambi di direzione.
- Le donne hanno un rischio più elevato, rispetto agli uomini, di incorrere in questo tipo di lesioni, prettamente da non contatto, a causa di fattori intrinseci ormonali, neuromuscolari e strutturali.
- La riduzione dell'attivazione del quadricipite e l'incremento di quella degli *hamstrings* sono considerate come fattori di protezione per le lesioni del LCA da non contatto.
- Un programma di prevenzione che include esercizi muscolari di rinforzo, di equilibrio, pliometria, agilità e stretching, sembra essere utile a ridurre gli infortuni del LCA in atlete che svolgono sport ad alto rischio di infortunio. È difficile stabilire che tipo di intervento possa essere più efficace di un altro, ma si è constatato che intervenire anche sulla funzionalità dell'anca tramite esercizi sport specifici riduce i tassi di lesione del LCA.

## 7. ALLEGATI

### 7.1 Tabelle che riassumono i ROB degli studi

Matte K Zebis (2016)

Unique ID	1	Study ID	Mette K Zebis et al (2016)	Assessor	
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)		
Experimental	NMT - neuromuscular training + allenamento	Comparator	CON - solo allenamento	Source	
Outcome	prattivazione quadricipite - preattivazione hamstrings (VL-ST)	Results		Weight	1
Domain	Signalling question	Response	Comments		
<b>Bias arising from the randomization process</b>	1.1 Was the allocation sequence random?	Y			
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	PY			
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	N			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Bias due to deviations from intended interventions</b>	2.1. Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y			
	2.2. Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	PY			
	2.3. If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	N			
	2.4 If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA			
	2.5. If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA			
	2.6 Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	PY			
	2.7 If N/PN/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	NA			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Bias due to missing outcome data</b>	3.1 Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	Y			
	3.2 If N/PN/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	NA			
	3.3 If N/PN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	NA			
	3.4 If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Bias in measurement of the outcome</b>	4.1 Was the method of measuring the outcome inappropriate?	N			
	4.2 Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	N			
	4.3 Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	N			
	4.4 If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	4.5 If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NA			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Bias in selection of the reported result</b>	5.1 Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	Y			
	5.2 ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	NI			
	5.3 ... multiple eligible analyses of the data?	NI			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Some concerns</b>			
<b>Overall bias</b>	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Some concerns</b>			

## Reiko Otsuki (2021)

Unique ID	2	Study ID	Reiko Otsuki et al (2021)	Assessor	
Ref or Label		Aim	assignment to intervention (the 'intention-to-treat' effect)		
Experimental	ET-LT-PT	Comparator	EC-LC-PC	Source	
Outcome	Incidenza infortuni LCA	Results		Weight	1
Domain	Signalling question	Response	Comments		
<b>Bias arising from the randomization process</b>	1.1 Was the allocation sequence random?	N			
	1.2 Was the allocation sequence concealed until participants were enrolled and assigned to interventions?	N			
	1.3 Did baseline differences between intervention groups suggest a problem with the randomization process?	NI			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>High</b>			
<b>Bias due to deviations from intended interventions</b>	2.1. Were participants aware of their assigned intervention during the trial?	Y			
	2.2. Were carers and people delivering the interventions aware of participants' assigned intervention during the trial?	Y			
	2.3. If Y/PY/NI to 2.1 or 2.2: Were there deviations from the intended intervention that arose because of the experimental context?	NI			
	2.4 If Y/PY to 2.3: Were these deviations likely to have affected the outcome?	NA			
	2.5. If Y/PY/NI to 2.4: Were these deviations from intended intervention balanced between groups?	NA			
	2.6 Was an appropriate analysis used to estimate the effect of assignment to intervention?	NI			
	2.7 If NPN/NI to 2.6: Was there potential for a substantial impact (on the result) of the failure to analyse participants in the group to which they were randomized?	PN			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Some concerns</b>			
<b>Bias due to missing outcome data</b>	3.1 Were data for this outcome available for all, or nearly all, participants randomized?	Y			
	3.2 If NPN/NI to 3.1: Is there evidence that result was not biased by missing outcome data?	NA			
	3.3 If NPN to 3.2: Could missingness in the outcome depend on its true value?	NA			
	3.4 If Y/PY/NI to 3.3: Is it likely that missingness in the outcome depended on its true value?	NA			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Bias in measurement of the outcome</b>	4.1 Was the method of measuring the outcome inappropriate?	N			
	4.2 Could measurement or ascertainment of the outcome have differed between intervention groups?	N			
	4.3 Were outcome assessors aware of the intervention received by study participants?	Y			
	4.4 If Y/PY/NI to 4.3: Could assessment of the outcome have been influenced by knowledge of intervention received?	NI			
	4.5 If Y/PY/NI to 4.4: Is it likely that assessment of the outcome was influenced by knowledge of intervention received?	NI			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>High</b>			
<b>Bias in selection of the reported result</b>	5.1 Were the data that produced this result analysed in accordance with a pre-specified analysis plan that was finalized before unblinded outcome data were available for analysis?	PY			
	5.2 ... multiple eligible outcome measurements (e.g. scales, definitions, time points) within the outcome domain?	PN			
	5.3 ... multiple eligible analyses of the data?	PN			
	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>Low</b>			
<b>Overall bias</b>	<b>Risk of bias judgement</b>	<b>High</b>			

## 7.2 Newcastle - Ottawa quality assessment scale

### NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE CASE CONTROL STUDIES

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Exposure categories. A maximum of two stars can be given for Comparability.

#### **Selection**

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

#### **Comparability**

- 1) Comparability of cases and controls on the basis of the design or analysis
  - a) study controls for \_\_\_\_\_ (Select the most important factor.) \*
  - b) study controls for any additional factor \* (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

#### **Exposure**

- 1) Ascertainment of exposure
  - a) secure record (eg surgical records) \*
  - 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
- 2) Same method of ascertainment for cases and controls
  - a) yes \*
  - b) no
- 3) Non-Response rate
  - a) same rate for both groups \*
  - b) non respondents described
  - c) rate different and no designation

**NEWCASTLE - OTTAWA QUALITY ASSESSMENT SCALE  
COHORT STUDIES**

Note: A study can be awarded a maximum of one star for each numbered item within the Selection and Outcome categories. A maximum of two stars can be given for Comparability

**Selection**

- 1) Representativeness of the exposed cohort
  - a) truly representative of the average \_\_\_\_\_ (describe) in the community \*
  - b) somewhat representative of the average \_\_\_\_\_ in the community \*
  - c) selected group of users eg nurses, volunteers
  - 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
- 3) Ascertainment of exposure
  - 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

**Comparability**

- 1) Comparability of cohorts on the basis of the design or analysis
  - a) study controls for \_\_\_\_\_ (select the most important factor) \*
  - b) study controls for any additional factor \* (This criteria could be modified to indicate specific control for a second important factor.)

**Outcome**

- 1) Assessment of outcome
  - a) independent blind assessment \*
  - b) record linkage \*
  - c) self report
  - d) no description
- 2) Was follow-up long enough 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 - > \_\_\_\_ % (select an adequate %) follow up, or description provided of those lost) \*
  - c) follow up rate < \_\_\_\_% (select an adequate %) and no description of those lost
  - d) no statement

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. Darrow CJ, Collins CL, Yard EE, Comstock RD. Epidemiology of severe injuries among United States high school athletes 2005–2007. *Am J Sports Med.* 2009;37(9):1798–1805.
2. Burland JP, Toonstra J, Werner JL, Mattacola CG, Howell DM, Howard JS. Decision to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part I: A Qualitative Investigation of Psychosocial Factors. *J Athl Train.* maggio 2018;53(5):452–63.
3. McCullough KA, Phelps KD, Spindler KP, Matava MJ, Dunn WR, Parker RD, et al. Return to High School– and College-Level Football After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Multicenter Orthopaedic Outcomes Network (MOON) Cohort Study. *Am J Sports Med.* novembre 2012;40(11):2523–9.
4. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a systematic review and meta-analysis of the state of play. *Br J Sports Med.* 1 giugno 2011;45(7):596–606.
5. Hart HF, Culvenor AG, Guermazi A, Crossley KM. Worse knee confidence, fear of movement, psychological readiness to return-to-sport and pain are associated with worse function after ACL reconstruction. *Phys Ther Sports.* ottobre 2019;
6. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:705–29.
7. Kilcoyne KG, Dickens JF, Haniuk E, Cameron KL, Owens BD. Epidemiology of meniscal injury associated with ACL tears in young athletes. *Orthopedics.* 2012;35(3):208–212.
8. Wyatt RWB, Inacio MCS, Liddle KD, Maletis GB. Prevalence and incidence of cartilage injuries and meniscus tears in patients who under-went both primary and revision anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med.* 2014;42(8):1841–1846.
9. Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum.* 2004;50(10):3145-3152.

10. Sanders TL, Kremers HM, Bryan AJ, et al. Is anterior cruciate ligament reconstruction effective in preventing secondary meniscal tears and osteoarthritis? *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1699-1707.
11. Ardern CL, Österberg A, Tagesson S, Gauffin H, Webster KE, Kvist J. The impact of psychological readiness to return to sport and recreational activities after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* dicembre 2014;48(22):1613–9.
12. Joseph AM, Collins CL, Henke NM, Yard EE, Fields SK, Comstock RD. A multisport epidemiologic comparison of anterior cruciate ligament injuries in high school athletics. *J Athl Train.* 2013;48(6):810–817.
13. Hewett TE. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes a prospective study. *Am J Sports Med* 1999;27:699-706.
14. Smith TO, Postle K, Penny F, McNamara I, Mann CJ. Is reconstruction the best management strategy for anterior cruciate ligament rupture? A systematic review and meta-analysis comparing anterior cruciate ligament reconstruction versus non-operative treatment. *Knee.* 2014;21(2):462-470.
15. Beischer S, Senorski EH, Thomeé C, Samuelsson K, Thomeé R. Young athletes return too early to knee-strenuous sport, without acceptable knee function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* luglio 2018;26(7):1966–74.
16. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Webster KE. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *Br J Sports Med.* novembre 2014;48(21):1543–1552.
17. Lai CCH, Ardern CL, Feller JA, Webster KE. Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *Br J Sports Med.* gennaio 2018;52(2):128–38.
18. Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of Anterior Cruciate Ligament Injuries, Part I. *Am J Sports Med.* ottobre 2005;33(10):1579–602.
19. Mather RC, Koenig L, Kocher MS, et al. Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears: *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95(19):1751–1759.

20. Renstrom PA. Eight clinical conundrums relating to anterior cruciate ligament (ACL) injury in sport: recent evidence and a personal reflection. *Br J Sports Med* 2013;47:367–72.
21. Kester BS, Behery OA, Minhas SV, Hsu WK. Athletic performance and career longevity following anterior cruciate ligament reconstruction in the National Basketball Association. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(10):3031–3037.
22. Wiggins AJ, Grandhi RK, Schneider DK, Stanfield D, Webster KE, Myer GD. Risk of secondary injury in younger athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(7):1861–1876.
23. Hewett Te. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med* 2006;34:490-8.
24. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: The role of leg dominance in acl injury among soccer players. *Br J Sports Med* 2010;44:694-7.
25. Ireland ML. Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes: Epidemiology. :5.
26. Hewett Te, Stroupe al, Nance Ta, Noyes fr. plyometric training in female athletes: decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med* 1996;24:765-73.
27. Boden BP, Dean GS, Feagin JA Jr, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics.* 2000;23(6):573-578. Hewett Te. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. *Sports Medicine* 2000;29:313-27
28. Swenson DM, Collins CL, Best TM, Flanigan DC, Fields SK, Comstock RD. Epidemiology of knee injuries among U.S. high school athletes, 2005/2006–2010/2011. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(3):462–469.
29. Gornitzky AL, Lott A, Yellin JL, Fabricant PD, Lawrence JT, Ganley TJ. Sport-specific yearly risk and incidence of anterior cruciate ligament tears in high school athletes: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(10):2716–2723.
30. Marshall DA, Lopatina E, Lacny S, Emery CA. Economic impact study: neuromuscular training reduces the burden of injuries and costs compared to standard warm-up in youth soccer. *Br J Sports Med.* 2016;50(22):1388–1393.
31. Sugimoto D, Myer GD, Foss KDB, Hewett TE. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction

- in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(5):282–289.
32. Mandelbaum B, Silvers h, Watanabe d, Knarr dT, Garret W. effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *am J Sports Med* 2005;33:1003-10.
33. Myer, G.D., Sugimoto, D., Thomas, S. and Hewett, T.E. (2013) The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *The American Journal of Sports Medicine* 41, 203-215.
34. Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, Bandholm T, Thorborg K, Hölmich P, Aagaard P. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine.* 23 settembre 2015;50(9):552-7.
35. Rodríguez C, Echegoyen S, Aoyama T. The effects of "Prevent Injury and Enhance Performance Program" in a female soccer team. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.* Aprile 2018;58(5).
36. Otsuki R, Benoit D, Hirose N, Fukubayashi T. Effects of an Injury Prevention Program on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors in Adolescent Females at Different Stages of Maturation. *Journal of Sports Science and Medicine.* 15 aprile 2021:365-72.
37. Omi Y, Sugimoto D, Kuriyama S, Kurihara T, Miyamoto K, Yun S, Kawashima T, Hirose N. Effect of Hip-Focused Injury Prevention Training for Anterior Cruciate Ligament Injury Reduction in Female Basketball Players: A 12-Year Prospective Intervention Study. *The American Journal of Sports Medicine.* 23 gennaio 2018;46(4):852-61.
38. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 7 febbraio 2005; 330(7489):449.
39. Zebis MK, Andersen LL, Bencke J, Kjær M, Aagaard P. Identification of Athletes at Future Risk of Anterior Cruciate Ligament Ruptures by Neuromuscular Screening. *The American Journal of Sports Medicine.* 2 luglio 2009;37(10):1967-73.

40. Malinzak RA, Colby SM, Kirkendall DT, Yu B, Garrett WE. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks. *Clin Biomech* 2001;16:438-45.
41. Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynon B, Fukubayashi T, Garrett W, Georgoulis T, Hewett TE, Johnson R, Krosshaug T, Mandelbaum B, Micheli L, Myklebust G, Roos E, Roos H, Schamasch P, Shultz S, Werner S, Wojtyk E, Engebretsen L. Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*. 7 aprile 2008;42(6):394-412.
42. Leppänen M, Pasanen K, Kujala UM, Vasankari T, Kannus P, Äyrämö S, Krosshaug T, Bahr R, Avela J, Perttunen J, Parkkari J. Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players: Response. *The American Journal of Sports Medicine*. Marzo 2017;45(3):NP5—NP6.
43. Hewett TE, Myer GD, Kiefer AW, Ford KR. Longitudinal Increases in Knee Abduction Moments in Females during Adolescent Growth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Dicembre 2015;47(12):2579-85.
44. Sugimoto D, Myer GD, McKeon JM, Hewett TE. Evaluation of the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a critical review of relative risk reduction and numbers-needed-to-treat analyses. *Br J Sports Med*. 2012;46(14):979-988.
45. Grindstaff TL, Hammill RR, Tuzson AE, Hertel J. Neuromuscular control training programs and noncontact anterior cruciate ligament injury rates in female athletes: a numbers-needed-to-treat analysis. *J Athl Train*. 2006;41(4):450-456.