

# Università degli Studi di Padova

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

## TESI DI LAUREA

**Il focus attentivo esterno è efficace nel migliorare la qualità del salto negli sportivi? Revisione Sistematica della letteratura e meta-analisi.**

Is the external focus of attention effective in improving the quality of athletes' jump? Systematic Review and meta-analysis.

RELATORE: Prof. Carlo Biz  
Correlatore: Dott. Pietro Nicoletti

LAUREANDO: Massimiliano Bizio

Anno Accademico 2022/2023

## RIASSUNTO

Obiettivo: L'obiettivo del presente lavoro consiste nell'indagare l'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno, nel jumping e nel landing degli atleti, per migliorare determinati parametri biomeccanici (cinetici e cinematici) e di performance.

Materiali e Metodi: Questo studio è una Revisione Sistemica della letteratura con meta-analisi, svolta seguendo i criteri del Prisma Statement. Per la selezione degli studi sono stati utilizzati come motori di ricerca PubMed/MEDLINE, ISI/Web of Science (WoS) e Scopus, nei quali è stata inserita la seguente stringa di ricerca: (focus of attention OR external focus OR internal focus OR external attention) AND (landing OR drop jump OR landing biomechanics) AND (neuromuscular training OR training OR exercise).

Per l'analisi della qualità è stata adoperata la scala STROBE sviluppata da Von Elm.

Le misure di outcome considerate sono riassumibili in questo elenco: sono stati considerati il valore delle Ground Reaction Forces, il Reactive Strength Index, l'altezza del salto, il Contact Time, i gradi massimi, il Range Of Motion e il momento torcente in flessione di tronco, anca, ginocchio e caviglia (per la caviglia sono stati esaminati i gradi di flessione dorsale) e il ROM e il momento torcente in valgismo/abduzione di ginocchio; tutto questo rispettivamente per ogni movimento analizzato.

Risultati: Dei 542 articoli identificati nel processo di selezione attraverso i databases sono stati inclusi 11 studi, con un totale di 442 atleti partecipanti. La media del punteggio relativo all'analisi della qualità è risultata essere 16.2/22 (73.5%). L'utilizzo del focus attentivo esterno ha ottenuto un Effect Size significativo per quanto riguarda i parametri biomeccanici correlati al pattern di movimento, ma non nei confronti dei parametri correlati invece alla performance del salto.

Conclusioni: Nella presente Revisione è stato evidenziato un miglioramento dei seguenti parametri: il picco delle forze reagenti del suolo (GRF), il momento di valgismo del ginocchio e l'angolo di flessione del ginocchio. Grazie a questi dati è possibile affermare che l'utilizzo del focus attentivo esterno risulta essere efficace in maniera significativa nel modificare specifici parametri della qualità del salto, modifiche che possono risultare utili per la prevenzione di infortuni agli arti inferiori.

## ABSTRACT

Objective: The aim of this paper is to investigate the effectiveness of the external focus of attention, in athletes' jumping and landing, in order to improve certain biomechanical (both kinetics and kinematics) and performance parameters.

Materials and Methods: The design of this study is a Systematic Review with meta-analysis, carried out following the criteria of Prisma Statement. A literature search of PubMed/MEDLINE, ISI/Web of Science (WoS) and Scopus was conducted using the following search string: (focus of attention OR external focus OR internal focus OR external attention) AND (landing OR drop jump OR landing biomechanics) AND (neuromuscular training OR training OR exercise).

The STROBE Scale was used for the quality assessment.

The outcomes considered were: the magnitude of Ground Reaction Forces, the Reactive Strength Index, the jump's height, the Contact Time, the angles, ROM and moment of trunk, hip, knee and ankle flexion (as regards the ankle, the dorsiflexion) and knee valgus/abduction ROM and moment; all of these values were analyzed for every movement.

Results: 11 of 542 original search studies met the inclusion criteria of this Review; with a total of 442 athletes. The average score of the quality assessment was 16.2/22 (73.5%). The use of external attentional focus achieved a significant Effect Size with regard to biomechanical parameters related to movement pattern, but not with regard to parameters related to jump performance.

Conclusions: In this review, an improvement in the following parameters was shown: peak ground reacting forces (GRF), knee valgus moment and knee flexion angle. With these data, it is possible to state that the use of external attentional focus is significantly effective in modifying specific parameters of jump quality, modifications that may be useful for the prevention of lower limb injuries.

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>1. FOCUS OF ATTENTION.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 EXTERNAL FOCUS.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1 EXTERNAL FOCUS CON VIDEO-FEEDBACK.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 EFFETTI NEGATIVI DELL'EXTERNAL FOCUS.....</b>	<b>9</b>
<b>1.5 IN CONCLUSIONE.....</b>	<b>10</b>
<b>2 COLLEGAMENTI CON LA LESIONE DEL LCA E CON PERFORMANCE DI MOVIMENTO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 LESIONE AL LCA.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1 VALGISMO DEL GINOCCHIO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 ANGOLI DI FLESSIONE DEL GINOCCHIO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 MOVIMENTI DELL'ANCA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4 MOVIMENTI DEL TRONCO.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.5 MOVIMENTI DELLA CAVIGLIA.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.6 GROUND REACTION FORCES (GRF).....</b>	<b>16</b>
<b>3 STRUMENTI DI VALUTAZIONE.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 DROP JUMP COME STRUMENTO DI VALUTAZIONE.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 ESECUZIONE DEL DROP JUMP.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3 LIMITAZIONI DEL DROP JUMP TEST.....</b>	<b>19</b>
<b>4. SCOPO DELLO STUDIO.....</b>	<b>20</b>
<b>5. MATERIALI E METODI.....</b>	<b>21</b>
<b>5.1 FONTI DEI DATI E STRATEGIA DI RICERCA.....</b>	<b>21</b>

<b>5.2 CRITERI DI INCLUSIONE .....</b>	<b>21</b>
<b>5.3 CRITERI DI ESCLUSIONE.....</b>	<b>22</b>
<b>5.4 METODO DI SELEZIONE .....</b>	<b>22</b>
<b>5.5 RACCOLTA E ESTRAZIONE DEI DATI.....</b>	<b>23</b>
<b>5.6 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ .....</b>	<b>23</b>
<b>5.7 ANALISI STATISTICA E META-ANALISI.....</b>	<b>23</b>
<b>6. RISULTATI.....</b>	<b>24</b>
<b>6.1 SELEZIONE DEGLI STUDI.....</b>	<b>24</b>
<b>6.2 ANALISI DELLA QUALITÀ.....</b>	<b>25</b>
<b>6.3 POPOLAZIONE .....</b>	<b>26</b>
<b>6.4 TIPOLOGIE DI INTERVENTO .....</b>	<b>27</b>
<b>6.5 MISURE DI OUTCOME ANALIZZATE.....</b>	<b>30</b>
<b>6.6 ANALISI STATISTICA E META-ANALISI .....</b>	<b>31</b>
<b>7. DISCUSSIONE.....</b>	<b>34</b>
<b>8. CONCLUSIONE.....</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>48</b>

## INTRODUZIONE

Questa tesi ha lo scopo di verificare l'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno in una delle sue possibili applicazioni in ambito riabilitativo. È stata selezionata una specifica porzione di popolazione, ossia gli atleti giovani (dai 14 ai 40 anni di età), appartenenti a diversi sport, durante i quali generalmente si effettuano movimenti di jumping, landing, cambi di direzione, movimenti costituiti principalmente dal meccanismo di Stretch-Shortening Cycle. In letteratura è già stato dimostrato come diversi infortuni agli arti inferiori, specialmente alle strutture legamentose del ginocchio, avvengano durante i movimenti sopracitati; ed è stato anche dimostrato come alcuni parametri propri di questi movimenti siano correlati al rischio di infortunio, oppure, in aggiunta, alla performance vera e propria del movimento. Lo scopo dello studio consiste quindi nel valutare per quali di questi parametri è presente o meno evidenza dell'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno nell'alterarne i valori e modificarli, anche a lungo termine, con il fine ultimo di ottenere valori associati ad un ridotto tasso di infortuni o ad una performance migliore.

La scelta dell'argomento è legata al mio interesse di approfondire una tematica che fosse utile, pratica, in quanto applicabile fin da subito nella clinica di tutti i giorni, non molto comune nella letteratura scientifica e che potesse correlare gli effetti riscontrabili a livello di performance motoria a pattern/cambiamenti a livello cognitivo, dimostrando ancora una volta la potenza della nostra mente e l'oggettività della sua influenza sulle risposte del nostro organismo a stimoli esterni. Inoltre, è molto affascinante come la variazione del focus attentivo è uno strumento utilizzabile non solo in ambito sportivo o comunque lavorando con atleti nelle fasi più avanzate della riabilitazione, ma anche con persone più o meno anziane, con soggetti in fase acuta post-intervento chirurgico e addirittura anche con soggetti post-ictus e in riabilitazione neurologica.

In letteratura scientifica non sono presenti numerose Revisioni Sistematiche sull'argomento, e gli articoli presenti nelle banche dati valutano l'efficacia del focus attentivo esterno in diversi ambiti riabilitativi e con popolazioni differenti tra loro. In questo caso verrà analizzato il focus attentivo

esterno volto a migliorare determinati parametri di jumping e landing degli atleti, per cercare di capire se è in grado di influenzare queste variabili e apportare risultati utili e significativi ai fini di prevenzione e di performance.

## **1. Focus of Attention**

### **1.1 External focus**

Secondo svariati articoli, vi è un chiaro bisogno di implementare l'efficacia delle strategie preventive per gli infortuni dell'arto inferiore, come ad esempio quelli del legamento crociato anteriore, indicato dall'acronimo LCA [1, 2, 3]. L'obiettivo della prevenzione di questi specifici infortuni consiste nell'ottenere effetti a lungo termine, che non vengono sempre garantiti [4], e trasferire le competenze motorie acquisite, tra cui l'evitamento di determinati movimenti rischiosi, direttamente nella competizione [1, 5, 6, 7]. Questo perché è stato dimostrato che gli infortuni avvengono con un rischio fino a quattro volte superiore durante le competizioni che durante gli allenamenti [8, 9], in quanto durante le competizioni gli atleti sono sottoposti a situazioni molto più stressanti, sia dal punto di vista fisico che mentale [7]. Nonostante recenti Revisioni Sistematiche abbiano sostenuto l'utilizzo di programmi di allenamento di prevenzione per ridurre il numero di infortuni agli arti inferiori c'è ancora un importante bisogno di migliorare l'efficacia di questi programmi [3, 10]: un approccio innovativo potrebbe essere quello di utilizzare la conoscenza dei principi dell'apprendimento motorio [1, 11], a lungo trascurata [7].

L'apprendimento motorio è stato definito come un insieme di processi associati alla pratica o all'esperienza che comportano cambiamenti relativamente permanenti nelle competenze di movimento; esso riflette infatti un processo interno del sistema nervoso centrale in risposta alla ripetizione di un gesto pratico [6, 7, 1]. Due principi fondamentali sono il mantenimento e la generalizzazione: il mantenimento rappresenta la capacità di riprodurre una determinata competenza motoria nel tempo, specialmente dopo un periodo di tempo senza praticarla, mentre con

generalizzazione si intende la capacità di riprodurre un'azione motoria acquisita in un ambiente diverso da quello dove la si è imparata [6, 7]. Un esempio potrebbe essere rappresentato da un atleta che dopo essersi infortunato riproduca un movimento di squat dapprima sotto l'osservazione di un fisioterapista, e poi in maniera indipendente, mantenendo costante la performance - mantenimento della competenza acquisita - , e sia capace di riprodurre la medesima competenza motoria dello squat in un ambiente diverso rispetto a quello sicuro e controllato della clinica, ad esempio a casa o in palestra, dimostrando capacità di generalizzazione [7]. Le istruzioni del fisioterapista risultano di cruciale importanza nell'insegnamento delle competenze motorie e nel direzionare il focus attentivo del soggetto, e per questo bisogna porre attenzione alla loro qualità, al loro impiego e al loro significato nel processo di apprendimento [7, 13]. Esse, infatti, possono essere utilizzate per guidare l'attenzione del paziente, visualizzare e ricordare movimenti, introdurre, correggere e definire pattern di movimento [7, 14]. È sufficiente una lieve modifica nella scelta dei vocaboli dell'istruzione per ottenere effetti significativi sulla performance e sull'apprendimento motori [12, 15]. Le competenze motorie possono essere acquisite dirigendo l'attenzione verso il movimento stesso o verso specifiche articolazioni, segmenti corporei o tessuti, utilizzando un focus attentivo interno; oppure verso gli effetti di quel movimento rispetto all'ambiente circostante, adottando così un focus attentivo esterno [5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21]. Il focus attentivo è un importante fattore in grado di influenzare la performance motoria e l'acquisizione, anche nel tempo, di competenze motorie [7, 14, 15]; ciò fornisce interessanti informazioni riguardo l'efficacia delle capacità di controllo automatico del nostro sistema nervoso centrale, ed evidenzia quanto queste abbiano rilevanti implicazioni nel miglioramento della performance in situazioni pratiche [22]. Il focus attentivo viene definito come lo sforzo consapevole di un individuo nel concentrare la propria attenzione attraverso pensieri specifici nel tentativo di eseguire una azione motoria con una performance migliore [20]. È stata ampiamente dimostrata l'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno nel migliorare la performance motoria [7, 10, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26], l'esecuzione di un gesto

motorio [11, 17, 23], la coordinazione neuromuscolare [6, 11] e l'apprendimento di compiti motori [5, 7, 12, 13, 22, 24, 25]. Inoltre, istruzioni che promuovono l'uso del focus attentivo esterno migliorano il mantenimento delle competenze motorie acquisite e il loro trasferimento nella pratica sportiva [5, 6, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 24], e ottimizzano l'efficacia dei programmi di allenamento, facendo sì che gli effetti di questi programmi risultino più duraturi [6, 11].

Un alto livello di abilità per una determinata competenza motoria è associato alla precisione, all'uniformità e all'affidabilità nel raggiungere l'obiettivo del movimento eseguito - ossia l'efficacia del movimento - così come all'automaticità e all'economicità del movimento stesso, che richiede quindi un ridotto sforzo fisico e mentale rappresentato dalla cosiddetta efficienza del movimento: è stato dimostrato che l'utilizzo di un focus attentivo esterno è in grado di velocizzare il processo di apprendimento in maniera tale da acquisire una competenza motoria efficace ed efficiente più rapidamente [6, 12, 15, 24]. In aggiunta, l'utilizzo di istruzioni che promuovano un focus attentivo esterno è stato associato a un miglioramento dell'efficienza della pianificazione motoria, in quanto associato ad automaticità, riduzione delle richieste di attenzione durante un compito motorio, aumento della velocità delle correzioni di movimento e riduzione dei tempi di pre-attivazione [24].

Utilizzare un focus attentivo esterno permette di migliorare la tecnica di atterraggio senza alterarne la performance [6, 10, 11, 27], e di mantenere tale miglioramento per più di una settimana senza ricevere feedback esterni [6, 11]: sembra quindi che iniziare un processo di acquisizione attraverso l'utilizzo di focus attentivi esterni continui a livello cerebrale anche se non vengono fornite ulteriori istruzioni o feedback [11, 16]. Fornire agli atleti istruzioni che promuovono l'utilizzo di un focus attentivo esterno durante l'allenamento è in grado di produrre importanti adattamenti nella meccanica dell'atterraggio [5, 6, 8, 17, 19, 27, 28, 29, 30]: focalizzare infatti la propria attenzione sul cercare di atterrare in maniera più morbida - "soft landing" - è stato dimostrato ridurre l'insorgenza di infortuni all'intero arto inferiore, riducendo le GRF [12, 17, 19, 22, 27, 28, 31] e permettendo al soggetto di sviluppare strategie di movimento ottimali per evitare uno "stiff landing" [19, 31]. Lo studio di

McNair et al. [30] ha riscontrato una riduzione del 19% delle GRF e una riduzione del 13% del loro picco massimo immediatamente dopo l'utilizzo di istruzioni relative alla cinematica dell'arto inferiore che promuovevano un focus attentivo esterno. Utilizzare un focus attentivo esterno è stato dimostrato aumentare anche il ROM di flessione di anca e ginocchio e ridurre i sovraccarichi sul piano frontale durante l'atterraggio da un salto [12 16 19 23 31 32]. Inoltre, nello studio di Ghanati et al. [10], chi si è allenato con il programma di allenamento che prevedeva l'utilizzo del focus attentivo esterno è stato in grado di migliorare la forza dei muscoli abduttori dell'anca e di ridurre l'adduzione e la intrarotazione dell'anca durante la fase di landing: tutti parametri che sono associati allo schema di valgo dinamico del ginocchio durante l'atterraggio, pattern di movimento considerato come fattore di rischio non solo per lesioni legamentose, come nel caso della lesione del LCA [31, 33, 34], ma anche per condizioni quali la sindrome femoro-rotulea [31], la possibilità di andare incontro a una seconda lesione legamentosa o la presenza di dolore nel ritorno allo sport dopo l'intervento di ricostruzione del legamento lesionato [34]. Gli atleti in questione inoltre hanno aumentato la propria performance di salto orizzontale aumentando la distanza percorsa, segno che l'utilizzo del focus attentivo esterno è stato in grado di ridurre parametri potenzialmente a rischio senza ridurre, anzi migliorando, la performance di salto [10].

La performance pliometrica, infatti, può essere significativamente interessata modificando il focus attentivo dell'atleta attraverso le istruzioni utilizzate dai preparatori [20]. È stato riscontrato che utilizzare istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno ha provocato anche un miglioramento nella performance di salto verticale - indicata solitamente dal valore di altezza del salto - e nella coordinazione dell'intero sistema corpo [12, 17, 18, 24, 31]. Il focus attentivo esterno si è dimostrato efficace nel migliorare la precisione di svariate competenze motorie, tra le quali il tiro libero nel basket, il servizio nel tennis e il tiro nel calcio [7, 15, 24], e anche nel migliorare la capacità di produzione di forza, e la performance in compiti posturali e di "double task" [15]. In altri studi, adottare un focus attentivo esterno è stato correlato non solo con un miglioramento dell'equilibrio,

ma anche con un aumento della velocità di reazione a stimoli uditivi mentre si è in equilibrio [26]. Anche il valore dell'indice di forza reattiva (RSI) è notevolmente migliorato fornendo istruzioni che promuovessero un focus attentivo esterno, secondo lo studio di Comyns et al. [20], e questo può potenzialmente comportare un miglioramento dell'efficacia e dell'efficienza delle performance di fast SSC [20, 35]. Ulteriori studi indicano poi che esercizi con istruzioni contenenti un focus attentivo esterno possano influenzare in maniera considerevole il valore del picco delle GRF, la distanza del Single Leg Triple Hop Test e il punteggio del Dynamic Postural Stability Index [17]. Quest'ultimo poi è rappresentativo della capacità di stabilità dinamica dell'atleta, e una carenza in questa capacità è uno dei più importanti fattori di rischio per le lesioni legamentose del ginocchio [17]. Barillas et al. [14] hanno ipotizzato che le risposte alle indicazioni fornite potevano essere correlate all'obiettivo specifico dell'indicazione stessa: un'indicazione con focus attentivo esterno come ad esempio "allontanati dal suolo il più velocemente possibile" può essere considerata una indicazione 'velocity-related' e potrebbe generare importanti cambiamenti nelle variabili velocità-dipendenti e tempo-dipendenti più che in quelle forza-dipendenti; al contrario, indicazioni come "cerca di toccare il soffitto", inserita in un contesto sempre legato ad un focus attentivo di tipo esterno, sembrerebbe essere una indicazione 'force-related', e comportare quindi cambiamenti significativi nelle relative variabili. Gli autori dello studio [14] hanno quindi riscontrato che movimenti rapidi, come i movimenti di fast SSC, ad esempio il Drop Jump (DJ), beneficiano maggiormente di specifiche indicazioni rispetto che altri [14]. Tuttavia, l'utilizzo di strategie che hanno l'obiettivo di ridurre i tempi di contatto al suolo e di aumentare la 'leg stiffness' dovrebbe essere limitato per gli atleti che non possiedono un livello di forza sufficiente, in quanto questi atleti non sono in grado di tollerare certi carichi; ciò comporterebbe un importante stress sulle strutture scheletriche, esponendo questi soggetti a un maggior rischio di infortunio [20, 21]. Gli autori suggeriscono che per questo tipo di atleti potrebbe essere più adatto l'utilizzo di un focus attentivo neutro o interno [20], oppure l'utilizzo

un focus attentivo esterno con l'obiettivo di atterrare il più silenziosamente possibile, per evitare la produzione di importanti forze d'impatto durante la fase eccentrica del contatto al suolo [21].

### **1.1.1 External Focus con Video-FeedBack**

In letteratura sono indicate diverse modalità per fornire istruzioni con un focus attentivo esterno, e utilizzare un video-feedback è una di queste. Il feedback con video pone l'attenzione del soggetto sul pattern di movimento ricercato, focalizzando la sua attenzione sul movimento di tutto il corpo anziché su specifiche parti di esso [1, 6, 16]. La pratica del video-feedback invita l'atleta a imitare un movimento osservato grazie all'intervento dei neuroni specchio, e per questo può essere uno strumento interessante per acquisire pattern motori di atterraggio più sicuri [6, 12, 16], in quanto i neuroni specchio sono in grado di mappare i movimenti osservati in programmi motori, collegando l'input visivo con l'output motorio [1, 11, 12]. Ricerche recenti hanno dimostrato come l'utilizzo del video-feedback nel migliorare le dinamiche di atterraggio abbia comportato risultati immediati in termini di aumento dell'angolo di flessione di anca e ginocchio e di riduzione delle forze reattive del suolo [12, 16, 29], generando un pattern di atterraggio molto più "soft", indicato con il termine "soft landing" [1, 6, 11, 16, 29], senza ridurre la performance e mantenendo i risultati anche dopo una settimana senza ricevere feedback esterni [1, 6, 11, 12, 29]. L'uso di feedback visivi può essere utilizzato anche per ridurre eccessivi stress in valgismo, uno dei principali fattori di rischio per gli infortuni agli arti inferiori [12], come indicato in precedenza.

### **1.2 Internal Focus**

Utilizzare invece un focus attentivo interno, che porta gli atleti a concentrarsi maggiormente sulle proprie articolazioni (specialmente il ginocchio) durante attività quali salti, atterraggi e cambi di direzione, potrebbe non essere la scelta ottimale per acquisire complesse e rapide competenze motorie [1, 12, 15, 22]. Ciò, infatti, potrebbe avere un effetto dannoso sulla performance e sull'apprendimento motorio, alterando l'esecuzione dei gesti automatici [7, 12, 13, 22, 25, 27]. Adottando un focus

attentivo interno sono stati riscontrati angoli di flessione del ginocchio ridotti e tecniche di esecuzione dell'atterraggio peggiori [6, 10], e non sono stati osservati miglioramenti nemmeno nella forza dei muscoli dell'anca [10]. Inoltre, l'apprendimento esplicito attraverso focus attentivi interni è stato dimostrato essere più lento, meno efficiente e con una maggiore richiesta di concentrazione [22]. Utilizzare un focus attentivo interno è stato associato ad una riduzione dell'adattabilità dei pattern di movimento e ad una ridotta capacità di tradurre quanto acquisito durante l'allenamento in un miglioramento della performance [10]. Durante la competizione, infatti, dover prestare attenzione alle proprie articolazioni risulta impossibile, in quanto l'attenzione è già messa sotto stress dalla gara, dai giocatori e dall'eventuale presenza del pallone [22].

Alcuni autori hanno cercato di motivare le limitazioni presentate dall'utilizzo del focus attentivo interno; questo è stato infatti associato a un aumento dell'utilizzo di sistemi di controllo del movimento a feedback visivi e corticali, alterando perciò la capacità dell'atleta di reagire alle variazioni dell'ambiente attorno a lui e la sua abilità di produrre movimenti non pianificati [16].

### **1.3 Come funziona l'External Focus**

Sebbene gli effetti dell'utilizzo del focus attentivo esterno siano stati largamente dimostrati in letteratura, l'esatta spiegazione di come questi siano possibili è ancora relativamente incerta [22].

Una delle ipotesi più accreditate è la "constrained action hypothesis", descritta dettagliatamente nell'articolo di Kal et al. [26]. Secondo questa ipotesi l'utilizzo del focus attentivo esterno favorisce la performance motoria perché promuove il controllo automatico del movimento; mentre, al contrario, adottare un focus attentivo interno potrebbe alterare i processi fisiologici di controllo automatico, in quanto promuove un controllo più cosciente del movimento [5, 7, 10, 11, 12, 13, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26]. A supporto di questa teoria intervengono i risultati di studi elettromiografici, che hanno osservato una maggiore attività elettromiografica quando il movimento è controllato in maniera cosciente rispetto a quando eseguito in maniera automatica, dimostrando come quest'ultima tipologia di controllo risulti più efficiente rispetto ad un controllo più intenzionale [20, 26]; altri studi hanno

invece osservato valori simili di attività elettromiografica ma, nel caso del focus attentivo esterno, una decisamente maggiore velocità di performance motoria, indicando così una maggiore efficienza del movimento e quindi una maggiore automaticità [26]. Inoltre, la valutazione del disturbo causato dall'esecuzione di un compito motorio - ad esempio, il mantenimento dell'equilibrio - contemporaneamente a un'altra azione (dual task) ha dimostrato come utilizzare un focus attentivo esterno rispetto a uno interno risulti in una maggiore e costante fluidità del movimento, nonostante l'interferenza del secondo compito richiesto [26]; probabilmente perché utilizzando un focus attentivo esterno sono state ridotte le risorse necessarie allo svolgimento del compito motorio di base, permettendo così la massima concentrazione nello svolgimento del secondo compito richiesto, oppure anche grazie alla migliorata connettività tra le aree cerebrali responsabili per il controllo automatico del movimento [5]. In aggiunta, la “constrained action hypothesis” suggerisce anche che le reti neurali del sistema di osservazione-azione risultano attive non solo durante l'esecuzione di un gesto motorio ma anche durante la visione o l'immaginazione di un movimento, grazie all'attivazione dei neuroni specchio [11], i quali sono in grado di codificare i movimenti osservati in programmi motori senza grandi ripercussioni dal punto di vista cognitivo [1, 11, 12].

#### **1.4 Effetti negativi dell'External Focus**

Tuttavia, bisogna comunque essere consapevoli dei potenziali effetti negativi delle indicazioni con focus attentivo esterno se estremizzate o prese troppo alla lettera da parte degli atleti. Ad esempio, suggerire ad un atleta di atterrare in maniera più morbida ha l'obiettivo di ridurre eccessive forze d'impatto e migliorare l'utilizzo del meccanismo di SSC; se però questo suggerimento viene interpretato troppo letteralmente, l'atleta potrebbe utilizzare eccessive flessioni di anca e ginocchio e potrebbe lasciare che i talloni tocchino terra per più tempo per permettere al corpo di assorbire le GRF. Un preparatore deve necessariamente prendere coscienza di questi possibili atteggiamenti indesiderati per permettere una più rapida ideazione e messa in pratica di istruzioni differenti che possono essere eseguite dall'atleta in modo più semplice e preciso. A causa, infatti, della grande

variabilità nell'efficacia delle varie istruzioni possibili, è importante possedere una batteria di istruzioni differenti in riferimento allo stesso movimento, specialmente quando si lavora con una vasta gamma di soggetti [21]. L'unico sforzo richiesto sarà quindi un pizzico di creatività nel formulare le istruzioni e i feedback [24].

Nonostante queste differenze sostanziali, secondo alcuni autori non è possibile separare perfettamente focus attentivi esterni ed interni, in quanto il focus attentivo esterno potrebbe comunque fare riferimento a specifici movimenti delle articolazioni [10], e in aggiunta, soprattutto quando è utilizzato il video-feedback, concentrarsi sull'intero movimento effettuato richiede di porre attenzione al proprio corpo, anche se non su una specifica parte di esso [16]. Ad esempio, nel movimento di accosciata (squat) dove all'atleta viene richiesto di allineare le proprie ginocchia con due coni, questo viene definito come focus attentivo esterno; ma in situazioni come queste l'atleta oltre a porre la propria attenzione sui coni (focus esterno) deve porre la propria attenzione anche sulla posizione delle sue ginocchia (focus interno) [10]. Inoltre, non si può essere sicuri a cosa l'atleta stia pensando durante l'esercizio e a come le istruzioni fornite vengano processate [16].

### **1.5 In conclusione**

Alla luce di tutte le informazioni e le evidenze descritte nei paragrafi precedenti, appare chiaro come i programmi di prevenzione, in modo particolare per gli infortuni dell'arto inferiore debbano incorporare esercizi con istruzioni che promuovano l'utilizzo di un focus attentivo esterno [1, 17], sia attraverso l'uso di determinate frasi che attraverso l'uso di video-feedback [6, 11, 27, 29]. Utilizzare queste metodiche, infatti, non richiede alcuna apparecchiatura particolare, e sono di facile ed economico impiego [11, 22, 25].

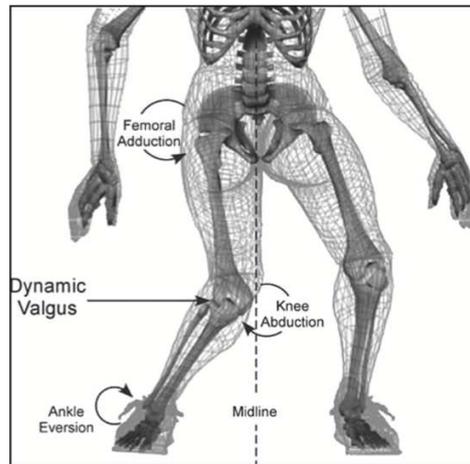


## **2 Collegamenti con la lesione del LCA e con performance di movimento**

### **2.1 Lesione al LCA**

Secondo quanto riportato nei paragrafi precedenti adottare un focus attentivo esterno permette di migliorare determinati parametri, come tra gli altri la meccanica di atterraggio e il valore delle forze reagenti del suolo. Modificare suddetti parametri risulta essere importante ai fini preventivi per gli infortuni all'arto inferiore, perché questi sono considerati importanti fattori di rischio [5, 6, 9, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41] per uno degli infortuni più seri e dispendiosi a cui un atleta possa andare incontro, ossia la lesione del legamento crociato anteriore (LCA) [9, 27]. Come già citato infatti nelle prime righe, è necessario aumentare l'efficacia delle strategie preventive per le lesioni del LCA [1, 2], soprattutto a causa dell'impatto di questo infortunio sulla salute pubblica [3]: l'infortunio al LCA è caratterizzato da tempi di recupero molto lunghi e costi socioeconomici molto elevati, sia per l'atleta stesso che per le istituzioni [2, 3, 9, 17, 28, 37, 39, 42], ma è stato dimostrato anche causare all'atleta disabilità personali, professionali e psicologiche [2], che inevitabilmente si traducono in riduzioni del tempo trascorso al lavoro, a scuola e ovviamente nello sport [43]. Inoltre, nonostante l'infortunio del LCA sia stato a lungo trattato in letteratura nel corso degli anni, il suo tasso d'incidenza non accenna a diminuire [22, 43, 44].

### **2.2 Fattori biomeccanici di rischio per la lesione al LCA**



Per poter sviluppare efficaci programmi preventivi sarà necessaria un'analisi approfondita dei meccanismi di infortunio e dei fattori di rischio [40]. In letteratura, nonostante la grande quantità di studi, quali siano i fattori di rischio per le lesioni non da contatto del LCA e la loro reale importanza è ancora argomento di discussione, probabilmente a causa della difficoltà di misurare gli stress sul LCA in vivo e la difficoltà di associare questi stress a specifici fattori [32, 37].

Alcuni studi però hanno tentato di catalogare tali fattori secondo diverse possibili classificazioni: una tra queste li suddivide in 5 categorie: fattori di rischio ambientali, anatomici, ormonali, genetici e biomeccanico-neuromuscolari [8, 9, 37, 43]. I fattori ambientali, anatomici, ormonali e genetici sono considerati da un punto di vista pratico come non modificabili [8]. Solamente i fattori di rischio associati agli aspetti biomeccanici e neuromuscolari sono considerati potenzialmente modificabili dall'intervento di un professionista [8], perciò solamente questa tipologia di fattori di rischio è stata presa in considerazione in questo studio e negli studi presi in esame da questa Revisione. I fattori biomeccanici di rischio implicati in svariate lesioni del LCA consistono generalmente nella tipologia di contatto al suolo durante movimenti di atterraggio o cambio di direzione, negli scoordinati movimenti dinamici del corpo e nelle perturbazioni antecedenti la lesione [43]. Questi fattori includono ad esempio gli angoli di valgismo dinamico del ginocchio, di flessione laterale del tronco, di flessione dell'anca; i movimenti di rotazioni del ginocchio, soprattutto gli angoli di rotazione interna del ginocchio al momento del contatto, i momenti di forza e le "ground reaction forces" (GRF) durante attività di salto e atterraggio [35, 44].

### **2.2.1 Valgismo del ginocchio**

Pattern di movimento che producono momenti di forza in valgismo/abduzione, varismo o estensione, soprattutto se effettuati con il ginocchio in leggera flessione, sembra possano aumentare il rischio di lesione non da contatto del LCA [23, 37, 43], in quanto il valgismo del ginocchio, indicato in altri studi anche come abduzione del ginocchio, in particolare provoca un aumento del carico gravante sul LCA, venendo quindi considerato come potenziale fattore di rischio per le lesioni di suddetto legamento [6, 9, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Infatti, il collegamento presente tra il carico sul ginocchio relativo a movimenti sul piano frontale e l'aumento conseguente dello stress sul LCA è stato dimostrato da studi ed esperimenti su cadavere, in vivo e attraverso modelli computerizzati [38, 40]. Il movimento di valgismo del ginocchio causa l'applicazione di notevoli forze sulla parte laterale del ginocchio rispetto più che sulla parte mediale, contribuendo a generare un momento di forza non indifferente in rotazione interna del ginocchio. Questa ipotesi è supportata anche da studi effettuati su cadavere che hanno dimostrato come la rotazione interna generi stress non indifferenti sul LCA, soprattutto in presenza di piccoli angoli di flessione di ginocchio [39]. Il vettore in rotazione interna può contribuire allo scivolamento anteriore del piatto tibiale laterale, causando un forte aumento dello stress sul LCA [3, 9, 35, 36, 37, 39]. Il valgismo del ginocchio può essere inoltre un fattore in grado di ridurre il valore soglia delle forze compressive necessario a causare una lesione del LCA [35]. Per questi motivi l'angolo di valgismo del ginocchio e il relativo momento torcente (torque) sono stati considerati importanti fattori predittivi sia dell'aumento del picco massimo delle forze di atterraggio [40] che di futuri infortuni al LCA. Il momento di valgismo del ginocchio inoltre è considerato predittore di lesione al LCA con il 73% di sensibilità e il 78% di specificità [37].

### **2.2.2 Angoli di flessione del ginocchio**

Anche il valore degli angoli di flessione del ginocchio durante l'atterraggio influenza la risultante delle forze che agiscono sul LCA. Atterrare infatti con maggiori angoli di flessione (superiori a 50° [8]) può potenzialmente ridurre il carico sul LCA e di conseguenza il rischio di lesione, e quindi

parallelamente atterrare con le ginocchia più estese può potenzialmente generare maggiori forze di reazione del suolo (GRF) che si traducono in maggiori forze a livello del ginocchio e quindi in un aumento del rischio di lesione al LCA [2, 6, 9, 16, 29, 32, 40]. È stato notato infatti come una posizione del ginocchio con circa 20° di flessione può produrre un minor assorbimento dell'impatto attraverso il sistema muscolotendineo, aumentando così la trasmissione delle forze alle strutture passive del ginocchio, come ad esempio il LCA [2]. Inoltre, atterrare con l'arto inferiore in posizione vicina all'estensione completa causa un aumento dell'angolo dell'inserzione distale del tendine rotuleo, la quale provocando un aumento della componente di trazione anteriore generata dal quadricipite contribuisce ad aumentare lo stress sul LCA [2, 3, 9, 40].

### **2.2.3 Movimenti dell'anca**

Cercando di osservare l'arto inferiore nel suo insieme, si deve ricordare che il ginocchio è una singola parte di una più grande catena cinetica, e perciò anche altri siti anatomici oltre al ginocchio, quali il tronco, l'articolazione della caviglia e l'articolazione dell'anca, possono contribuire a provocare l'infortunio al LCA [43].

Quest'ultima articolazione è parte integrante dell'atteggiamento in valgismo dell'intero arto inferiore con le sue componenti di adduzione e intrarotazione dell'anca [10], per cui è bene indagare suddette componenti per identificare specifici pattern di movimento considerabili come fattori di rischio, eventualmente anche nelle altre articolazioni sopra descritte [41]. È stato dimostrato infatti che i gradi di movimento dell'anca durante l'atterraggio possono essere determinanti nelle risultanti forze d'impatto sul ginocchio [2]: un aumento del momento di adduzione dell'anca può causare un aumento dello stress in valgo sul ginocchio, anche se il movimento di adduzione dell'anca in sé non è stato dimostrato essere un fattore di rischio per le lesioni del LCA [2]. Invece il movimento di intrarotazione dell'anca, specie se associato ad una rotazione esterna della tibia, è considerato un fattore di rischio per le lesioni del LCA non da contatto [2 41].

#### **2.2.4 Movimenti del tronco**

Anche i movimenti del tronco hanno un ruolo non marginale nel determinare il rischio di lesione al LCA, in quanto importanti nel controllo del ginocchio [38]. Spostamenti del tronco, in particolare in direzione laterale, sono considerati principali fattori di rischio per le lesioni legamentose, come la lesione del LCA [41], specialmente se questi spostamenti laterali sono associati ad adduzione dell'anca e valgo dinamico del ginocchio [2]. Un ruolo importante è rappresentato anche dal movimento di flessione del tronco durante la dinamica di atterraggio, in quanto un aumento della flessione del tronco produce un aumento anche nella flessione di anca e ginocchio. Quindi un atteggiamento meno eretto durante l'atterraggio è stato associato a una riduzione del rischio di lesione al LCA [2 32].

#### **2.2.5 Movimenti della caviglia**

Infine, nel considerare il ginocchio parte di una catena cinetica, sarà necessario considerare anche l'influenza della caviglia nella modulazione delle forze agenti sul LCA, soprattutto per i suoi movimenti sul piano sagittale [2]. Atterrare con la caviglia in posizione di flessione plantare, quindi atterrare sull'avampiede, è stato dimostrato aumentare l'assorbimento dell'impatto e ridurre il picco delle forze reattive del suolo [2]; al contrario dell'atterraggio con il retro piede (ossia con la caviglia in flessione dorsale), che invece è associato a ridotti gradi di flessione di anca e ginocchio e a maggiori valori di GRF [2], e come illustrato nei paragrafi precedenti, aumenta il rischio di andare incontro a lesione del LCA durante l'attività sportiva [2]. Inoltre, il movimento di eversione di caviglia, se eccessivo, può causare maggiore intrarotazione della tibia, maggiore stress in valgo, maggiore traslazione anteriore della tibia e maggior carico sul LCA [2], tutti fattori che, come visto precedentemente, sono considerati fattori di rischio predittivi di lesioni al LCA.

### **2.2.6 Ground Reaction Forces (GRF)**

Infine, è doveroso fare una panoramica forze di compressione e forze di reazione del suolo, o GRF, sulle più volte citate nei paragrafi precedenti. È stato dimostrato da studi sui cadaveri che eccessive forze di compressione possono provocare la rottura del LCA [32, 35]. Queste elevate forze di compressione derivano principalmente da un inadeguato assorbimento delle forze di reazione del suolo (GRF) da parte del complesso muscoloscheletrico dell'arto inferiore [2, 35, 36].

Le GRF sono correlate non solo alla muscolatura, ma anche al movimento angolare delle articolazioni dell'arto inferiore, in quanto è presente una relazione inversa tra le forze di compressione del suolo e il movimento di flessione del ginocchio durante attività di atterraggio: all'aumentare della flessione, atterrando quindi con un pattern definito di "soft landing", al contrario dello "stiff landing" menzionato nei paragrafi precedenti, è stata indentificata una riduzione delle GRF, e viceversa [3, 32, 40]. Utilizzare un atterraggio morbido, o "soft landing", permette di assorbire il 19% in più dell'energia cinetica, e permette i muscoli estensori di anca e ginocchio di assorbirne il 50% in più [46]. Atterrare con elevate GRF è stato dimostrato essere quindi un fattore di rischio per gli infortuni non da contatto al LCA [5, 6, 36, 40].

### **2.3 Parametri correlati a performance**

Per completare la panoramica dei parametri analizzati, all'interno di questa Revisione sono state esaminate anche altre variabili, correlati maggiormente alla performance effettiva piuttosto che al tasso di rischio di infortunio.

Una tra queste è il "Reactive Strenght Index" (RSI), o indice di forza reattiva, che viene definito come l'abilità dell'unità muscolo-tendinea di produrre una potente contrazione concentrica dopo una rapida contrazione eccentrica [20]. Esso viene calcolato come il rapporto tra l'altezza del salto e il tempo di contatto al suolo, in quanto per ottenere un elevato RSI è richiesta una buona capacità esecutiva del meccanismo di fast SSC e alti livelli di "leg stiffness" [21]. Quest'ultima descrive il meccanismo attraverso il quale la velocità discendente del corpo viene invertita durante il contatto a terra, e viene

definita come il rapporto del picco delle GRF rispetto al massimo spostamento verticale del centro di massa (COM) durante il contatto con il suolo. Maggiore è il livello di “leg stiffness” minore sarà il tempo di contatto al suolo; e migliorare questo parametro è un aspetto fondamentale per migliorare la performance nel Drop Jump, in quanto aumentare la “leg stiffness” migliora l’economia durante la corsa, le performance nel salto, e riduce notevolmente il tempo di contatto al suolo. Tuttavia, concentrarsi nel migliorare questo parametro potrebbe non essere appropriato per gli atleti che non possiedono un adeguato livello di forza eccentrica necessario per assorbire l’impatto, in quanto il conseguente “stiff landing” provocherebbe uno stress importante sulle strutture articolari anziché sulle unità muscolo-tendinee: elevati livelli di “leg stiffness” infatti causano riduzione della triplice flessione dell’arto inferiore, aumento dell’impatto, aumento del picco delle GRF e aumento dello stress articolare per le articolazioni dell’arto inferiore [20].

Altre variabili correlate alla performance dell’atleta valutabili attraverso il Drop Jump possono essere l’altezza del salto, il tasso di produzione delle GRF, indicato con la traduzione inglese “rate of GRF development” (RFD), e la massima potenza emessa dal sistema-corpo, “peak whole-body power output” (PWR) [31].

### **3 Strumenti di valutazione**

#### **3.1 Drop Jump come strumento di valutazione**

È fondamentale sviluppare procedure di screening per individuare gli atleti a rischio. Diversi studi, compresi buona parte di quelli presi in esame da questa Revisione, hanno utilizzato il Drop Jump (DJ) come movimento da valutare per riscontrare eventuali fattori biomeccanici di rischio negli atleti [18, 31, 33, 41, 43], e le loro possibili modifiche dopo un programma di allenamento preventivo [41].

Il Drop Jump è stato largamente utilizzato come strumento di valutazione, specialmente per la sua facilità di standardizzazione, la sua praticità, non necessita infatti di nessun particolare strumento di misurazione [40], e la sua comprovata validità nell’identificare il rischio di infortunio [28 46], in quanto è in grado di generare forze di contatto, che soprattutto durante attività di rimbalzo sono

direttamente correlate agli infortuni non da contatto degli arti inferiori [18], con valori da 2 a 12 volte il peso corporeo del soggetto rispetto ad altri movimenti sul piano sagittale [17 18]. Il movimento di Drop Jump, o Drop Vertical Jump (DVJ), è considerato un movimento di tipo pliometrico caratterizzato dall'utilizzo del meccanismo di "fast Stretch-Shortening Cycle" (SSC) [20 21], che prevede un salto verticale immediatamente successivo ad una fase di caduta da una altezza prestabilita [46].

### **3.2 Esecuzione del Drop Jump**

Il meccanismo di Stretch-Shortening Cycle consiste in un pattern di movimento caratterizzato da una rapida contrazione muscolare eccentrica, seguita da una fase di assorbimento isometrica e da una finale contrazione muscolare di tipo concentrico [21]. Il suddetto meccanismo, per essere considerato veloce (fast SSC), deve necessariamente presentare tempi di contatto al suolo molto ridotti (inferiori a 0.25 secondi) e piccoli movimenti a livello delle articolazioni di anca, ginocchio e caviglia. [20].

Durante il movimento di Drop Jump il sistema muscoloscheletrico del soggetto deve muoversi in un modo ben preciso: le articolazioni di anca, ginocchio e piede devono rimanere parallele sul piano frontale, e il tilt pelvico deve risultare minimo, come anche il rachide deve essere mantenuto in una posizione più neutra possibile. Anche la testa deve essere mantenuta in posizione in quanto il soggetto deve mantenere lo sguardo fisso in un punto di fronte a sé. Alla componente muscolare è richiesta particolare enfasi nella fase eccentrica di caduta, dove è necessaria una rapida triplice flessione di anca, ginocchio e caviglia per assorbire l'energia cinetica frenando la caduta, attraverso la produzione di momenti estensori uguali e contrari [45]; e anche nella fase concentrica di spinta del corpo verso l'alto, mediante un'altrettanto rapida triplice estensione delle articolazioni dell'arto inferiore [21]. Componenti fondamentali del Drop Jump sono quindi la capacità di sprigionare forza massimale, una adeguata velocità di sviluppo di forza ("rate of force development"), capacità di utilizzo dello SSC, e una adeguata "leg stiffness" [21].

Per tutti i motivi sopraelencati il movimento di Drop Jump è non solo largamente utilizzato per l'analisi dell'eventuale presenza di fattori biomeccanici di rischio predittivi di lesione del LCA, ma viene anche utilizzato dai preparatori atletici sia come modalità di allenamento che per valutare le capacità di SSC dell'atleta [20], e in particolare dei muscoli estensori dell'arto inferiore durante attività di SSC [46].

### **3.3 Limitazioni del Drop Jump Test**

Alcuni studi però sostengono che questo non sia il movimento più adatto per l'analisi dei fattori biomeccanici di rischio predittivi di lesione del LCA. Ad esempio, lo studio di Taylor et al. [41] promuove invece come strumento di valutazione l'utilizzo di movimenti monopodalici, in quanto sostiene che la maggior parte delle lesioni al LCA avvengono durante movimenti con il carico sbilanciato maggiormente su un singolo arto o durante il contatto con il suolo monolateralmente più che bilateralmente. Inoltre gli autori evidenziano come le richieste biomeccaniche siano maggiori durante compiti unilaterali piuttosto che durante richieste bilaterali, soprattutto per quanto riguarda non solo l'attività della muscolatura posterolaterale dell'anca nel mantenere il posizionamento della pelvi e nel prevenire eccessive adduzioni e rotazioni interne dell'anca, componenti del valgismo dinamico del ginocchio, ma anche relativamente alla produzione di momenti esterni di adduzione e flessione d'anca, da 2 a 6 volte maggiori durante attività unilaterali rispetto ad attività bilaterali. Anche per quanto riguarda il ginocchio altri studi hanno notato come esso presenti un maggior range di movimento sul piano frontale durante attività unilaterali rispetto alle corrispettive bilaterali (12).

#### **4. SCOPO DELLO STUDIO**

Questa tesi consiste in una Revisione Sistemica della Letteratura che ha l'obiettivo di analizzare l'utilizzo del focus attentivo esterno in programmi di allenamento volti a migliorare alcuni parametri di qualità e performance durante l'esecuzione di una tipologia di Jump, in ottica di prevenzione degli infortuni e miglioramento della performance di atleti.

Specifici parametri rilevabili durante l'esecuzione di un atterraggio seguito subito dopo da un salto verticale (Drop Jump), sono stati correlati all'aumento di alcuni fattori di rischio relativi a determinati infortuni a carico degli arti inferiori e sono stati individuati come indicatori della performance dell'atleta in questione.

Risulta quindi importante capire come agire per modificare questi parametri in maniera duratura, economica ed efficace.

Una soluzione riportata in letteratura consiste nell'adottare durante l'esecuzione del Drop Jump o dell'esercizio un focus attentivo esterno, che faccia concentrare l'atleta più sull'ambiente attorno a sé che su sé stesso e il proprio corpo.

Questa Revisione ha quindi lo scopo di analizzare i vari studi che hanno utilizzato questa metodica per capire se è effettivamente considerabile efficace nel modificare quei parametri di qualità e performance relativi al Drop/Countermovement Jump nel tempo e in ambienti differenti, avendo il fine ultimo di ridurre i fattori di rischio di natura biomeccanica per alcuni infortuni all'arto inferiore e aumentare la performance dell'atleta nell'esecuzione dello specifico movimento.

## **5. MATERIALI E METODI**

### **5.1 Fonti dei dati e Strategia di Ricerca**

I risultati di questa Revisione Sistemática e meta-analisi sono riportati secondo le linee guida del “Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis” (PRISMA).

È stata attentamente analizzata tutta la letteratura esistente a riguardo da gennaio 1986 a giugno 2023 utilizzando come database di ricerca PubMed/MEDLINE, ISI/Web of Science (WoS) e Scopus.

È stata prodotta una stringa di ricerca relativa all’uso del focus esterno basata su tre macro aree: l’uso di un ‘external focus of attention’, l’analisi di un ‘jump landing’, la raccolta di specifici parametri. Per ognuna di queste aree sono stati generati una lista di sinonimi e di ‘key-words’, usando specifici operatori Booleani. È stata utilizzata la seguente stringa di ricerca: (focus of attention OR external focus OR internal focus OR external attention) AND (landing OR drop jump OR landing biomechanics) AND (neuromuscular training OR training OR exercise).

### **5.2 Criteri di inclusione**

Sono stati inclusi nella ricerca solo gli articoli scritti in inglese. Sono state incluse queste tipologie di articoli: trial clinici randomizzati, studi di coorte, studi caso controllo, studi sperimentali.

Sono stati selezionati solo gli studi che soddisfavano i criteri relativi al modello PICO:

1. **POPOLAZIONE:** i partecipanti allo studio dovevano sottostare a determinate caratteristiche: essere atleti sani (non infortunati durante il periodo di riabilitazione o post intervento chirurgico), di sesso maschile e/o femminile, con un’età tra i 14 e i 40 anni.
2. **INTERVENTO:** per poter essere incluso nello studio doveva essere presente almeno un gruppo sottoposto ad un training/serie di test con l’uso di un ‘external focus of attention’, sia esso somministrato attraverso istruzioni verbali o tramite video-feedback.
3. **CONTROLLO:** gli studi dovevano presentare una misurazione pre e post intervento o presentare un gruppo di controllo omogeneo a quello che svolgeva l’intervento.

4. **RISULTATI:** sono stati inclusi gli studi che presentavano l'analisi di almeno un parametro oggettivabile relativo alla qualità del pattern di 'landing', o alla performance di salto. Parametri che possono essere di natura biomeccanica (cinetici o cinematici) se correlati alla qualità dell'atterraggio oppure possono essere correlati direttamente con la performance del pattern di 'jump-landing' come il tempo di contatto al suolo o l'altezza del salto.

### **5.3 Criteri di esclusione**

Sono stati esclusi da questa Revisione tutti gli articoli non in lingua inglese, le Revisioni, le meta-analisi, studi editoriali o di commento, studi nei quali il full text non è stato reperibile, o studi che al loro interno trattavano partecipanti non considerabili atleti, partecipanti di età troppo giovane (<14 anni) o più anziana (>40 anni), partecipanti che sono stati sottoposti ad un recente intervento chirurgico ad un'articolazione dell'arto inferiore oppure studi che analizzavano parametri non oggettivabili o non pertinenti ai fini della ricerca.

### **5.4 Metodo di Selezione**

Questa procedura sistematica, secondo le linee guida PRISMA, consiste nell'identificazione, nello screening, nella valutazione e nell'inclusione di quegli studi e dei relativi pazienti adatti agli obiettivi della Revisione. Lo screening è stato quindi effettuato leggendo prima gli abstract di tutti gli articoli trovati dopo l'inserimento della stringa di ricerca sopracitata. Se gli abstract soddisfacevano i criteri di inclusione, il manoscritto full-text veniva recuperato, letto e analizzato (se non era possibile recuperarlo lo studio veniva escluso per mancanza di reperibilità del full text), per constatare la sua inclusione o meno all'interno della Revisione.

Durante questo procedimento realizzato da MB, eventuali dubbi o domande sono stati discussi con due supervisori (PN e CB) con l'obiettivo di controllare ulteriormente la fase di screening e di inclusione al fine di renderla il più precisa possibile.

## **5.5 Raccolta e Estrazione dei dati**

Gli studi selezionati come includibili sono stati ordinati in un file Excel in cui l'estrazione dei dati è stata completata in modo indipendente. I dati sono stati estratti per i vari studi (autori, data di pubblicazione, disegno dello studio, livello di evidenza, movimento principale analizzato, materiali e metodi dello studio, misurazioni dei risultati) e per i pazienti inclusi: numeri (sia inclusi nell'articolo che esclusi post reclutamento), sesso, età, tipo di sport praticato.

## **5.6 Valutazione della Qualità**

Data l'eterogeneità degli studi, sia in termini di disegno dello studio che di metodologia adottata, è stata utilizzata la scala di valutazione sviluppata da Von Elm per valutare criticamente la qualità degli studi selezionati e inclusi nella presente Revisione Sistemática. Questa scala prevede una checklist composta da 22 elementi, redatti nel documento STROBE [47], riguardanti il titolo, il sommario, l'introduzione, le sezioni dei metodi, i risultati e la discussione degli articoli. Dei 22 item presenti, 18 voci sono comuni ai tre disegni di studio (studi di coorte, caso-controllo e trasversali), mentre quattro (gli elementi 6, 12, 14 e 15) sono specifici per i diversi disegni. È stato attribuito a ciascun item 1 punto se lo studio soddisfaceva pienamente i criteri e, in caso contrario, 0 punti.

## **5.7 Analisi Statistica e Meta-Analisi**

La meta-analisi dei dati è stata realizzata grazie al software Prometa3 (realizzato da Internovi, 2015). Sono stati calcolati i vari "effect size" utilizzando le medie con rispettive deviazioni standard, ad eccezione di quando l'autore forniva una mediana con range interquartili. In quest'ultimo caso la mediana con IQR è stata convertita in media con SD, applicando la trasformazione secondo Hozo.

Laddove erano riportate le medie ma non le deviazioni standard, queste sono state imputate attraverso i coefficienti di matching, che sono stati imputati a 0.75 seguendo le raccomandazioni della Cochrane.

Nelle analisi è sempre stato tenuto conto della grandezza del campione (sample size) e dell'intervallo fiduciario o di confidenza (CI=95%). Per la meta-analisi è stato disposto il "Forest Plot", in cui è stato

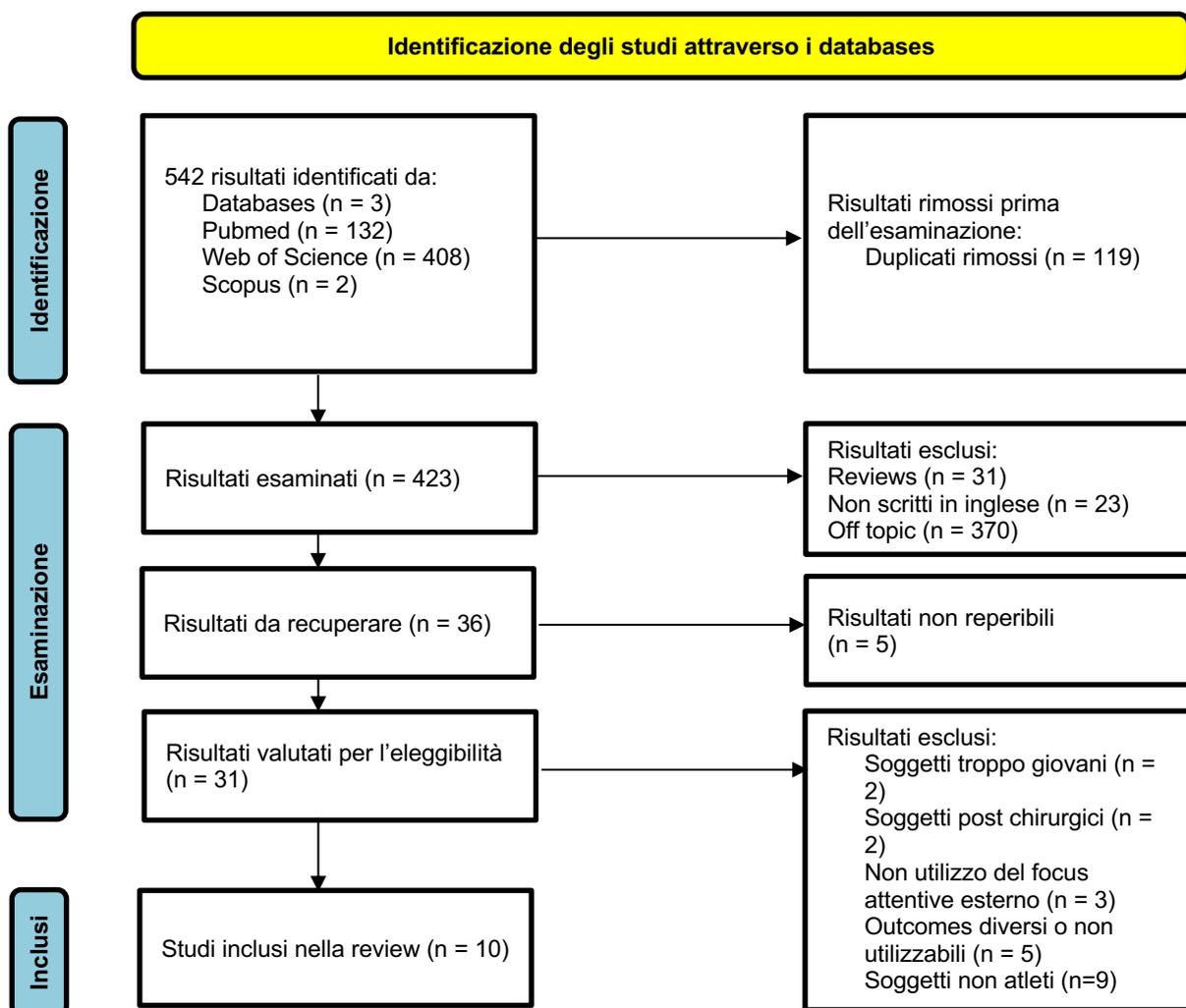
calcolato l'effect size delle diverse misure di outcome, laddove la stessa misura fosse presente in più studi. L'effect size è stato generato poi per ognuno degli studi inclusi nella meta-analisi, e poi è stato definito l'overall, definendo il peso di ogni studio sull'effect size globale.

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

## **6. RISULTATI**

### **6.1 Selezione degli studi**

Dalla ricerca iniziale sono stati trovati 542 studi, dei quali 132 da PubMed, 408 da Web of Science, e 2 da Scopus. Tra questi sono stati eliminati 119 articoli duplicati, per un totale di 423 articoli rimanenti, dai quali ne sono stati esclusi 370 poiché fuori tema, 31 poiché erano revisioni sistematiche, revisioni narrative, case reports, ecc. e 23 poiché non scritti in lingua inglese. Dal primo screening sono rimasti 36 studi eleggibili da poter analizzare, di cui 5 non reperibili. Dei 31 rimanenti, 2 studi sono stati esclusi in quanto analizzavano soggetti troppo giovani, 2 studi perché analizzavano soggetti che erano stati appena sottoposti ad un intervento chirurgico, 3 studi in quanto non utilizzavano il focus attentivo esterno tra le metodiche, 5 perché presentavano outcomes differenti rispetto a quelli ricercati o outcomes non utilizzabili perché non oggettivabili, e 9 perché prendevano in analisi soggetti non atleti. Infine, nella Revisione, sono stati inclusi 10 studi in totale.



## 6.2 Analisi della qualità

Nella valutazione della qualità (**tabella 1**), la media del punteggio sulle 22 voci è 16.2/22 punti, con punteggi compresi tra 13/22 e 18/22. La percentuale media della qualità è 73.5%. In ordine, dal punteggio di qualità più basso al più alto: Comyns et al [20] 13/22 punti (59.1%), Barillas et al [14] e Widenhoefer et al [5] 15/22 (68.2%), Furuashi et al [48] e Rostami et al [17] 16/22 (72.7%), Almonroeder et al [19] e Leonard et al [28] e Welling et al [6] 17/22 (77.3%), Dallinga et al [16] e Letafatkar et al [15] 18/22 (81.9%). La media di punteggi è verosimilmente medio-alta, che significa che il livello medio di qualità degli studi inclusi è buono.

**TABELLA 1. Analisi della qualità**

ITEM	Dallinga et al (2016)	Welling et al (2017)	Rostami et al (2018)	Comyns et al (2019)	Widenhoefer et al (2019)	Letafatkar et al (2020)	Almonroeder et al (2020)	Furuashi et al (2021)	Leonard et al (2021)	Barillas et al (2022)
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6.	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
14.	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0
15.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19.	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
20.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22.	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
TOTALE	18/22	17/22	16/22	13/22	15/22	18/22	17/22	16/22	17/22	15/22

### 6.3 Popolazione

Nella Revisione sono stati inclusi 352 atleti in totale (**tabella 2**), di cui 221 maschi (60.18%) e 131 femmine (39.82%). Gli sport praticati dai vari atleti sono: basket, calcio, pallavolo, pallamano, atletica leggera, korfbal, hockey, ‘gaelic football’ e nuoto.

**Tabella 2. Caratteristiche degli studi**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Tipo di studio</b>	<b>Level of Evidence</b>	<b>n (m/f)</b>	<b>Età (anni*)</b>	<b>Sport</b>
Dallinga et al (2016)	Randomized controlled trial	I	59 (29/30)	23.0 ± 3.2	Basket Calcio Pallamano Korfball
Rostami et al (2018)	Pre and post test control study	II	32 (0/32)	20.9 ± 1.0	Pallavolo
Comyns et al (2019)	Pre and post test control study	II	17 (17/0)	24.4 ± 4.9	Rugby Gaelic Football
Widenhoefer et al (2019)	Randomized controlled trial	I	22 (12/10)	15.8 ± 0.9	Rugby
Letafatkar et al (2020)	Pre and post test control study	II	90 (90/0)	23.9 ± 2.0	Basket Calcio Pallavolo
Almonroeder et al (2020)	Cross-sectional quasi-experimental	IV	16 (0/16)	21.8 ± 2.6	Basket Calcio Pallavolo Atletica leggera
Furuashi et al (2021)	Within subject experimental study	IV	38 (38/0)	21.7 ± 1.5	Calcio Basket Pallamano Nuoto
Leonard et al (2021)	Cohort Study	II	23 (0/23)	19.3 ± 0.9	Kendo Basket Pallavolo
Barillas et al (2022)	Pre and post test control study	II	15 (15/0)	15.6 ± 0.6	Calcio
<b>TOTALE</b>			<b>352 (221/131)</b>		

\*anni=media ± SD

## 6.4 Tipologie di intervento

Tutti gli studi che sono stati analizzati sono accomunati dall'esecuzione di determinati movimenti associati all'adozione di un focus attentivo di tipo esterno da parte degli atleti partecipanti al fine di verificare eventuali modifiche del loro pattern di Stretch-Shortening Cycle (che sia Drop Jump, Countermovement Jump, ...). Tra i vari studi variano però le modalità di applicazione del focus attentivo esterno, chi attraverso indicazioni verbali e chi attraverso feedback visivi o video; e variano anche i parametri presi in esame, chi analizza maggiormente parametri di natura biomeccanica, come il ROM o i momenti di forza su determinate articolazioni, e chi invece si concentra maggiormente su

variabili correlate alla performance del movimento, come ad esempio l'altezza del salto o il tempo di contatto al suolo.

Un possibile esempio di approccio è quello adottato da Almonroeder et al [19], Comyns et al [20] e Furuashi et al [48] nei loro lavori. In questi tre studi, a tutti i 71 atleti partecipanti, dopo aver effettuato una serie di esercizi di warm-up e dopo aver completato il primo test per registrare i dati di partenza, sono state fornite istruzioni di tipo verbale che promuovessero un focus esterno, interno e neutro (quest'ultimo solo nei lavori di Comyns et al [20] e Furuashi et al [48]). Tutti i partecipanti hanno performato il test sia con istruzioni con focus esterno sia che con focus interno e neutro, seguendo una sequenza precisa e bilanciata ma mai alternando prove con istruzioni con focus differenti, eseguendo quindi prima tutte le prove adottando una determinata tipologia di focus attentivo prima di cambiarne tipologia. Nello studio di Almonroeder et al [19] i partecipanti dovevano eseguire un Drop Landing da una altezza di circa 30 cm, mentre Comyns [20] e Furuashi [48] hanno invece valutato il movimento di Drop Jump, sempre da una altezza di 30 cm.

Uno schema simile è stato proposto da Letafatkar et al [15], il quale utilizza anch'esso istruzioni di tipo verbale ma a differenza dei precedenti suddivide i 90 partecipanti allo studio in tre gruppi omogenei, ai quali vengono proposte rispettivamente istruzioni promuoventi l'adozione di un focus attentivo esterno, interno, o istruzioni generiche sull'esecuzione del movimento. Il movimento in questione consisteva in un Countermovement Jump dove veniva analizzata anche la fase di landing finale. Istruzioni unicamente di tipo verbale sono state utilizzate anche nei lavori di Widenhoefer [5] e Barillas [14]. Anche Widenhoefer et al [5] nel proprio lavoro suddivide i propri partecipanti in due gruppi, all'interno dei quali vengono adottati focus attentivi interni o esterni, ma a differenza degli studi precedenti tra la sessione iniziale e quella finale è stato frapposto un periodo di allenamento di due settimane, composto da due sessioni a settimana, durante il quale i partecipanti effettuavano movimenti di Drop Landing e Drop Jump da 30 cm adottando un focus attentivo esterno o interno. Inoltre, nella sessione finale, oltre alla rivalutazione dei movimenti effettuati è stata aggiunta anche

la valutazione di un Drop Jump associato ad un dual task cognitivo, per valutare eventuali differenze di performance tra i due gruppi. Barillas et al [14] utilizzano anch'essi istruzioni verbali ma viene dato maggior peso alla differenza tra i vari focus esterni attuati: ai 15 partecipanti sono state infatti fornite istruzioni promuoventi un focus attentivo neutro, un focus attentivo esterno maggiormente incentrato sulla forza sprigionata durante il movimento ed un focus attentivo sempre di tipo esterno ma più specifico riguardo alla velocità di esecuzione del movimento. In questo studio sono stati analizzati il Countermovement Jump e il Drop Jump, quest'ultimo eseguito a diverse altezze (15-30-45-60 cm).

I lavori di Dallinga et al [16], Welling et al [6], Rostami et al [17] integrano nel proprio studio anche istruzioni fornite attraverso video-feedback, sia associate alle istruzioni di tipo verbale prese come unico canale comunicativo (nello studio di Dallinga et al [16]). In quest'ultimo studio infatti i 59 partecipanti sono stati suddivisi in un gruppo di controllo, al quale sono state fornite istruzioni generali sul movimento da eseguire, il già menzionato Drop Jump da 30 cm di altezza, e in un gruppo al quale è stato fornito un feedback in tempo reale tramite un video visibile su uno schermo davanti all'atleta: veniva mostrato il profilo sul piano frontale di un esperto che eseguiva il movimento in analisi e sovrapposta veniva mostrato il profilo sul piano frontale dell'atleta, quest'ultimo doveva quindi eseguire il compito richiesto cercando di imitare il più possibile la sagoma dell'esperto, facendo così combaciare le due sagome mostrate sullo schermo. Welling et al [6], nel loro lavoro, hanno riutilizzato questa modalità proposta da Dallinga et al [16], comparandola però ad istruzioni verbali caratterizzate da focus attentivo esterno o interno: i 40 partecipanti allo studio sono stati quindi suddivisi in quattro differenti gruppi, un gruppo ha ricevuto un feedback tramite video, in una modalità molto simile a quella descritta pocanzi, un gruppo ha ricevuto istruzioni verbali promuoventi l'utilizzo di un focus attentivo esterno, un altro gruppo ha ricevuto invece istruzioni verbali promuoventi l'utilizzo di un focus attentivo interno ed infine è stato formato un gruppo di controllo che ha ricevuto istruzioni più generali. I partecipanti allo studio dovevano eseguire un Drop Jump da

30 cm di altezza e le istruzioni/video venivano fornite loro ogni cinque prove; lo studio completo è costituito da 2 sessioni da 10 prove ciascuna. Anche Rostami et al [17] utilizza sia una modalità visuale che verbale per fornire le indicazioni ai partecipanti, ma nel proprio disegno di studio queste sono caratterizzate unicamente dall'utilizzo del focus attentivo di tipo esterno: in questo studio i 32 partecipanti sono suddivisi in due gruppi, un gruppo al quale vengono fornite le indicazioni promuoventi il focus attentivo esterno, attraverso sia feedback visivi che attraverso le parole, e un gruppo di controllo al quale non vengono fornite particolari indicazioni. A differenza degli studi precedentemente descritti, nello studio di Rostami et al [17] il periodo tra la sessione di test iniziale e quella finale è decisamente più lungo: tra queste vi trascorrono infatti 6 settimane durante le quali il gruppo di controllo continua ad effettuare il suo classico allenamento mentre il secondo gruppo effettua un allenamento particolare durante il quale viene promosso l'utilizzo del focus attentivo esterno.

### **6.5 Misure di Outcome analizzate**

L'obiettivo comune di tutti gli studi presi in esame era analizzare l'efficacia dell'utilizzo di istruzioni contenenti un 'external focus of attention' nel modificare il valore di determinati parametri cinetici, cinestesici e di performance caratteristici di alcuni movimenti (Drop Jump, Countermovement Jump), soprattutto nell'ottica di ridurre il rischio di infortunio (specialmente di un infortunio in particolare, ossia la lesione del legamento crociato anteriore) negli atleti partecipanti allo studio.

Le misure di outcome utilizzate dai vari studi inclusi sono infatti relative a questi parametri, e seppur a volte differenti tra i vari studi, sono accorpabili e riassumibili in questo elenco: il valore delle Ground Reaction Forces, il Reactive Strength Index, l'altezza del salto, il Contact Time, i gradi massimi, il ROM e il momento torcente in flessione di tronco, anca, ginocchio e caviglia (per la caviglia sono stati esaminati i gradi di flessione dorsale) e il ROM e il momento torcente in valgismo/abduzione di ginocchio; tutto questo rispettivamente per ogni movimento analizzato. I valori relativi a questi parametri sono stati ottenuti utilizzando diverse tipologie di pedane per quanto

riguarda i valori di forza, mentre attraverso diversi software con telecamere e markers sono stati rilevati i valori relativi agli angoli e ai ROM delle varie articolazioni/segmenti corporei presi in esame.

**Tabella 3. Misure di Outcome analizzate**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>n (m/f)</b>	<b>Misure di Outcome</b>	<b>Test/misuratori</b>
Dallinga et al (2016)	59 (29/30)	Momenti di forza di ginocchio-caviglia Angoli e ROM di anca-ginocchio-caviglia GRF	Bertec force plates Sistema di analisi video di movimento
Welling et al (2017)	40 (20/20)	Momenti forze ginocchio Angoli ginocchio GRF	Bertec force plates Sistema di analisi video di movimento
Rostami et al (2018)	32 (0/32)	GRF DPSI*	AMTI force places
Comyns et al (2019)	17 (17/0)	Contact time Altezza del salto RSI Forze prodotte	AMTI force plate
Widenhoefer et al (2019)	22 (12/10)	GRF	AccuPower force plate
Letafatkar et al (2020)	90 (90/0)	Forze prodotte	Vertec measurement device
Almonroeder et al (2020)	16 (0/16)	Angoli di anca-ginocchio-caviglia GRF*	Rilevatore coordinate 3D AMTI Force Plate
Furuashi et al (2021)	38 (38/0)	Leg stiffness Contact time Altezza del salto RSI	Force plate
Leonard et al (2021)	23 (0/23)	Leg stiffness ROM ginocchio GRF	IMU anlysis system Bertec force plate
Barillas et al (2022)	15 (15/0)	Contact time Altezza del salto RSI*	Kistler force plate
<b>TOTALE</b>	<b>352 (221/131)</b>		

\*GRF=ground reaction forces, \*RSI=reactive strength index, \*ROM=range of movement, \*DPSI=dynamic postural stability index

## 6.6 Analisi Statistica e Meta-analisi

Tra gli 11 articoli inclusi in questa Revisione, gli outcome analizzati sui quali è stato possibile effettuare una meta-analisi sono: il valore di picco delle Ground Reaction Forces, l'angolo di flessione del ginocchio, il momento torcente in valgismo di ginocchio, e la 'leg stiffness'. Effect Size (ES), Errori Standard, Intervalli di Confidenza (95% C.I.) e *p-values* sono riportati nelle seguenti tabelle.

**Tabella 4.1 Meta-analisi Peak vGRF**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b><i>p-value</i></b>
Dallinga et al (2016)	Video-feedback M	1.04	0.26/1.82	0.009
Dallinga et al (2016)	Video-feedback F	0.20	-0.52/0.92	0.586
Welling et al (2017)	Internal Focus M	0.68	-0.59/1.96	0.294
Welling et al (2017)	Internal Focus F	0.01	-1.23/1.25	0.986
Welling et al (2017)	External Focus M	0.77	-0.92/2.46	0.372
Welling et al (2017)	External Focus F	1.59	0.17/3.02	0.028
Welling et al (2017)	Video-feedback M	0.04	-1.29/1.28	0.953
Welling et al (2017)	Video-feedback F	0.21	-1.03/1.46	0.735
Almonroeder et al (2020)	Internal Focus	0.99	0.56/1.41	0.000
Almonroeder et al (2020)	External Focus	1.33	0.85/1.80	0.000

M=maschi, F=femmine, Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno

**Tabella 4.2 Meta-analisi Momento valgismo ginocchio**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b><i>p-value</i></b>
Dallinga et al (2016)	Video-feedback M	0.13	-0.59/0.86	0.718
Dallinga et al (2016)	Video-feedback F	0.20	-0.52/0.92	0.586
Welling et al (2017)	Internal Focus M	0.68	-0.60/1.95	0.296
Welling et al (2017)	Internal Focus F	0.32	-0.93/1.57	0.617
Welling et al (2017)	External Focus M	0.23	-1.02/1.47	0.719
Welling et al (2017)	External Focus F	0.67	-0.60/1.94	0.302
Welling et al (2017)	Video-feedback M	0.79	-0.50/2.08	0.230
Welling et al (2017)	Video-feedback F	0.70	-0.57/1.98	0.281

M=maschi, F=femmine, Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno

**Tabella 4.3 Meta-analisi Angolo flessione ginocchio**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b><i>p-value</i></b>
Dallinga et al (2016)	Video-feedback M	0.78	0.03/1.54	0.042
Dallinga et al (2016)	Video-feedback F	0.28	-1.69/2.25	0.778
Welling et al (2017)	Internal Focus M	0.34	-0.91/1.59	0.597
Welling et al (2017)	Internal Focus F	0.01	-1.23/1.25	0.986
Welling et al (2017)	External Focus M	0.33	-0.92/1.58	0.605
Welling et al (2017)	External Focus F	0.71	-0.35/1.98	0.279
Welling et al (2017)	Video-feedback M	0.27	-0.98/1.51	0.672
Welling et al (2017)	Video-feedback F	1.23	-0.12/2.59	0.074

M=maschi, F=femmine, Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno

**Tabella 4.5 Meta-analisi Altezza del salto**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b><i>p-value</i></b>
Barillas et al (2022)	EF Force Specific 1	-0.17	-0.53/0.19	0.365
Barillas et al (2022)	EF Force Specific 2	0.53	0.15/0.91	0.007
Barillas et al (2022)	EF Velocity Specific 1	-0.45	-0.83/-0.08	0.018
Barillas et al (2022)	EF Velocity Specific 2	0.00	-0.36/0.36	1.000
Comyns et al (2019)	Internal Focus	0.03	-0.30/0.37	0.847
Comyns et al (2019)	External Focus	0.09	-0.24/0.43	0.585
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 1	0.26	-0.06/0.59	0.110
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 1	0.39	0.06/0.72	0.021
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 2	0.08	-0.24/0.40	0.614
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 2	-0.05	-0.37/0.27	0.762

Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno, EF=External Focus

**Tabella 4.6 Meta-analisi Leg Stiffness**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b>p-value</b>
Comyns et al (2019)	Internal Focus	-0.14	-0.48/0.20	0.420
Comyns et al (2019)	External Focus	-0.70	-1.07/-0.32	0.000
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 1	0.47	0.12/0.83	0.009
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 1	0.43	0.08/0.78	0.016
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 2	-0.10	-0.44/0.23	0.542
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 2	-0.40	-0.75/-0.05	0.025

Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno

**Tabella 4.7 Meta-analisi Contact Time**

<b>Autore (anno di pubblicazione)</b>	<b>Intervento</b>	<b>Effect size o ES</b>	<b>95% CI</b>	<b>p-value</b>
Barillas et al (2022)	EF Force Specific 1	-0.40	-0.77/-0.03	0.035
Barillas et al (2022)	EF Force Specific 2	-0.74	-1.14/-0.33	0.000
Barillas et al (2022)	EF Velocity Specific 1	1.08	0.63/1.53	0.000
Barillas et al (2022)	EF Velocity Specific 2	0.73	0.33/1.13	0.000
Comyns et al (2019)	Internal Focus	-0.50	-0.85/-0.14	0.006
Comyns et al (2019)	External Focus	0.00	-0.34/0.34	1.000
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 1	-0.31	-0.64/0.01	0.060
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 1	-0.11	-0.43/0.21	0.484
Furuashi et al (2021)	Internal Focus gruppo 2	0.33	0.01/0.66	0.047
Furuashi et al (2021)	External Focus gruppo 2	0.59	0.25/0.94	0.001

Internal Focus=Focus Attentivo Interno, External Focus=Focus Attentivo Esterno, EF=External Focus

## 7. DISCUSSIONE

Questa Revisione Sistemática della letteratura mira a valutare l'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno in atleti per migliorare qualità e performance di salto e atterraggio (landing).

Questo è un argomento relativamente nuovo per la letteratura degli ultimi anni, e non è presente un gran quantitativo di articoli in letteratura che trattano di ciò, anche se comunque i primi articoli che

hanno cercato di comprendere i meccanismi sottostanti l'utilizzo di un focus attentivo esterno e hanno cercato di valutarne l'efficacia e l'applicazione sono datati alla fine degli anni '90 [49].

Risulta quindi importante analizzare l'efficacia degli articoli riportati in questa Revisione, cercando di confrontare i risultati ottenuti con eventuali articoli simili presenti in letteratura, con l'obiettivo di definire l'efficacia dell'utilizzo del focus attentivo esterno e i suoi possibili campi di applicazione. Quest'ultimo dato potrebbe avere rilevante importanza a livello clinico e non solo in quanto potrebbe portare ad un possibile utilizzo del focus attentivo esterno nei programmi di prevenzione per gli infortuni, specialmente per quelli agli arti inferiori, garantendo così miglioramenti riguardo efficienza ed efficacia di questi programmi [6, 11], obiettivi non ancora pienamente raggiunti [1, 2].

Come si evince dalla **tabella 4.1** l'utilizzo del focus attentivo di tipo esterno ha apportato modifiche significative per quanto riguarda la riduzione delle forze reagenti del suolo (GRF). Nello studio redatto da Almonroeder et al [19] l'Effect Size è risultato significativo (*p-value* 0.000) sia per il gruppo che ha ricevuto istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno che per il gruppo che ha ricevuto istruzioni promuoventi invece un focus attentivo interno, rispetto alla baseline. Ciò evidenzia che è stata osservata una riduzione significativa delle GRF indipendentemente dalla tipologia di focus attentivo, se interno o esterno; e questo risultato è in linea con quanto riportato da Beaulieu et al [50], i quali hanno osservato una riduzione del picco delle GRF a seguito di un periodo di training indipendentemente dalla tipologia del training eseguito, in quel caso se con o senza feedback forniti. Tuttavia, bisogna comunque segnalare che l'ES per il gruppo che ha adottato un focus attentivo di tipo esterno, rispetto al gruppo che ha adottato un focus interno, è risultato maggiore, in quanto ha dimostrato una riduzione maggiore, anche se non significativa. Osservando la tabella, si nota poi che ES con Intervallo di Confidenza significativi sono stati ottenuti solamente da due gruppi di atleti, rispettivamente dagli atleti maschi nello studio di Dallinga et al [16] e da un gruppo di atlete donne nello studio di Welling et al [6]. Nel lavoro di Dallinga et al [16] un risultato significativo per la riduzione delle GRF è stato ottenuto dal gruppo di atleti maschi al quale è stato fornito un video

feedback sulla propria performance in tempo reale sul quale concentrarsi durante il proprio salto, adottando così un focus attentivo esterno, mentre nel lavoro di Welling et al [6] il gruppo che ha ottenuto una riduzione significativa è il gruppo al quale sono state fornite istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno. In letteratura questi risultati sono supportati da diversi autori [30, 51, 52, 53], i quali hanno anch'essi riscontrato riduzioni significative delle GRF a seguito dell'utilizzo di un focus attentivo di tipo esterno. Tra questi unicamente lo studio di Heinert et al [51] ha combinato l'utilizzo del focus attentivo esterno ed interno, evidenziando come, per ottenere una riduzione delle GRF, risulti efficace adottare una strategia che utilizzi un focus attentivo esterno associato a istruzioni personalizzate sull'atleta promuoventi un focus attentivo interno, qualora l'atleta in questione non fosse stato in grado di ottenere risultati utilizzando unicamente le istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno. Risulta infine comunque interessante riportare che nello studio di Welling et al [6], pur utilizzando con uno dei propri gruppi di atleti la metodica del video-feedback, con una modalità molto simile a quella proposta da Dallinga et al [16], abbia rilevato risultati utili significativamente unicamente fornendo istruzioni di tipo verbale ma non attraverso il video-feedback, diversamente da quanto riportato da Dallinga et al [16].

Per quanto riguarda invece la misurazione del momento di valgismo del ginocchio, nonostante l'Effect Size totale risulti significativo a supporto della riduzione del valore del momento di valgismo del ginocchio, nessuno studio ha ottenuto singolarmente dei valori significativi per la meta-analisi. Sia Dallinga et al [16] che Welling et al [6] hanno evidenziato però che in tutti i loro gruppi, indipendentemente dal focus attentivo o dal feedback fornito, è stata rilevata una riduzione del valore del momento del valgismo del ginocchio rispetto al gruppo di controllo. Questa mancanza di modificazioni significative, sia per quanto riguarda il momento di valgismo del ginocchio ma anche per quanto riguarda la flessione del ginocchio, come indicato dalle tabelle 4.2 e 4.3, secondo Dallinga e colleghi [16] potrebbe essere causata dal feedback fornito, in quanto unicamente trasmesso via video; sempre secondo gli autori associare il video-feedback ad un'altra modalità, ad esempio

istruzioni verbali, potrebbe portare a miglioramenti anche statisticamente significativi. Concentrarsi sulla tipologia di feedback fornito secondo alcuni autori potrebbe non essere la strategia più adatta; infatti, Beaulieu et al [50] non hanno riportato alcun effetto dell'utilizzo di un feedback a tempo reale ('real-time feedback') su gradi o momenti di forza relativi al movimento di valgismo del ginocchio. I miglioramenti, anche se per questa meta-analisi non significativi, riscontrati nei singoli studi sono comunque supportati da altri autori quali ad esempio Popovic et al [54], i quali hanno evidenziato che mediante un periodo di training con video-feedback sono stati riscontrati cambiamenti nei valori di angoli e momenti di valgismo di ginocchio. Nel loro studio però, venivano differenziati i video-feedback che utilizzavano un focus attentivo interno rispetto a quelli che utilizzavano un focus attentivo esterno, e sono state riscontrate differenze tra queste diverse tipologie: è stata riscontrata infatti una riduzione del momento di abduzione del ginocchio nel gruppo utilizzante il focus esterno rispetto al focus interno.

Anche rispetto all'angolo di flessione del ginocchio, la situazione che si presenta è molto simile alla precedente: l'Effect Size totale presenta un *p-value* <0.05, il che rende l'utilizzo del focus attentivo esterno un intervento statisticamente significativo per quanto riguarda l'aumento dell'angolo di flessione di ginocchio; tuttavia, a parte per il gruppo d'intervento formato da atleti maschi nello studio di Dallinga et al [16], nessun altro risultato ottenuto dagli studi di Dallinga et al [16] e Welling et al [6] è considerabile statisticamente significativo, con tra gli altri l'intervento promuovente il focus attentivo interno nel gruppo di atlete femmine di Welling et al [6] che non ha apportato alcun tipo di modificazione. Anche in questo caso però, senza considerare il gruppo appena citato, tutti gli interventi nei due studi in meta-analisi hanno apportato modificazioni in aumento dell'angolo di flessione del ginocchio, facendo sì che i propri atleti possano adottare pattern di atterraggio più dolci, indicati come 'soft landings' [1, 6, 11, 16, 29]. Atterrare infatti con maggiori angoli di flessione di ginocchio permette di ridurre le forze agenti sul ginocchio e sul legamento crociato anteriore e di conseguenza potenzialmente diminuire il rischio di subire una lesione del suddetto legamento, ma

anche delle altre strutture capsulo-legamentose [8, 45, 46, 55]. L'effetto del focus attentivo esterno nel migliorare e aumentare i gradi di flessione di ginocchio è stato più volte dimostrato in letteratura da diversi autori, quali ad esempio Harry et al [56], Dalvandpour et al [57], ma anche Gokeler et al [58], i quali hanno notato come utilizzare istruzioni promuoventi un focus attentivo interno possa ridurre in maniera significativa il picco di flessione di ginocchio rispetto ad utilizzare invece istruzioni promuoventi un focus attentivo di tipo esterno, senza contare anche Benjaminse et al [59] e Parsons et al [60], autori invece che hanno incentrato il proprio studio sugli effetti del video-feedback, dimostrando la sua utilità nell'aumentare i gradi di flessione di ginocchio nel pattern di landing, in Benjaminse [59] in maniera maggiormente significativa rispetto alle istruzioni verbali, sia esse promuoventi un focus interno o esterno.

Per quanto riguarda gli outcome maggiormente correlati alla performance del movimento, come descritto nel **capitolo 2.3**, è stata effettuata una meta-analisi che ha interessato alcuni parametri quali l'altezza del salto, la 'leg stiffness' e il tempo di contatto al suolo (Contact Time) come riportato dalle rispettive tabelle **4.5, 4.6, 4.7**.

Come si evince dalla **tabella 4.5** solamente Furuashi et al [48], con il gruppo che ha utilizzato le istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno, composto dagli atleti che già avevano dimestichezza con il movimento di Drop Jump, e Barillas et al [14] mediante l'utilizzo di un focus attentivo esterno 'velocity-related' sono stati in grado di ottenere un risultato significativo. L'Effect Size totale risulta però non significativo ( $p\text{-value} > 0.05$ ) e quindi non è possibile affermare che l'utilizzo di un focus attentivo esterno sia in grado di apportare modifiche significative rispetto al valore dell'altezza del salto. I risultati riportati dagli studi di Barillas et al [14], Comyns et al [20] e Furuashi et al [48] trovano supporto negli articoli pubblicati da Makaruk et al [52] e da Khuu et al [31]. Makaruk et al [52] non hanno evidenziato alcun miglioramento significativo dell'altezza del salto nel gruppo che ha utilizzato il focus attentivo esterno rispetto a chi ha invece utilizzato strategie

con focus interno o neutro. Il lavoro di Khuu et al [31] conferma quanto evidenziato da Barillas et al [14], specialmente per quanto riguarda il ‘Countermovement Jump’, ossia l’osservazione di una modifica significativa dell’altezza del salto successivamente la richiesta all’atleta di ‘saltare più in alto possibile’ rispetto ad invece ‘cercare di raggiungere il tetto con la testa’ oppure ‘saltare via dal suolo il più velocemente possibile’, considerate rispettivamente indicazioni promuoventi un focus esterno ‘force-related’ e ‘velocity-related’ [14, 31]. Questi studi citati risultano però in contrasto con quanto riportato da altri autori a riguardo, quali ad esempio Kershner et al [61], Wulf et al [62], Abdollahipour et al [63] e Ford et al [64], che hanno evidenziato invece come fornire istruzioni che utilizzano un focus attentivo esterno, specialmente se overhead [64], possa apportare un aumento significativo dell’altezza del salto e di altri parametri relativi alla performance, rispetto a coloro che hanno adottato un focus attentivo interno. Si può notare che però questi dati risultano parzialmente corrisposti anche da Barillas et al [14] per quanto riguarda le modifiche sui parametri relativi al movimento di Drop Jump (DJ), in quanto gli autori hanno evidenziato un miglioramento significativo nell’altezza del salto del DJ successivamente all’utilizzo dell’indicazione con focus attentivo esterno ‘velocity-related’, il che andrebbe a confermare le modificazioni successive all’adozione di un focus attentivo di tipo esterno riportate dagli studi sopracitati. Risulta doveroso quindi affermare che in letteratura non vi è una opinione univoca a riguardo, e solamente ulteriori studi potranno confermare l’efficacia o meno del focus attentivo esterno nel modificare questo parametro.

Dalla **tabella 4.6** si evince come vi siano degli Effect Size significativi sia rispetto la riduzione della leg stiffness a seguito dell’utilizzo del focus attentivo esterno o interno che rispetto al suo aumento, mentre l’Effect Size totale risulta a supporto dell’aumento della ‘leg stiffness’, ma non statisticamente significativo ( $p\text{-value} > 0.05$ ). Osservando il forest plot si osserva come nel lavoro di Comyns et al [20] entrambi i gruppi di intervento abbiano apportato un aumento del valore di ‘leg stiffness’ rispetto al gruppo di controllo, ma solamente utilizzando il focus attentivo esterno si è raggiunto un valore significativo, mentre per Furuashi et al [48] non è stato ottenuto un risultato omogeneo: entrambi gli

interventi effettuati sul gruppo 1, ossia il gruppo di atleti che aveva maggior familiarità con il movimento di DJ analizzato e che lo utilizzava già nei propri allenamenti, hanno apportato una significativa diminuzione del valore di ‘leg stiffness’, mentre gli interventi, e solamente quello costituito da istruzioni promuoventi il focus attentivo esterno in maniera statisticamente significativa, effettuati sul secondo gruppo, formato da atleti che avevano meno familiarità con il movimento di DJ, hanno portato ad un aumento del valore di ‘leg stiffness’ rispetto al gruppo di controllo. Furuashi et al [48], interrogandosi sul perché di questa sostanziale differenza tra i gruppi, sono giunti alla conclusione che il valore della ‘leg stiffness’ e la sua modificabilità a seguito dell’utilizzo di un focus attentivo siano correlati al livello di esperienza dei soggetti con l’allenamento pliometrico e con il movimento di Drop Jump. L’aumento della ‘leg stiffness’ in letteratura è considerato come un’arma a doppio taglio, in quanto il valore di ‘leg stiffness’ è spesso correlato con un miglioramento dell’economia di corsa (‘running economy’ [65]) e del movimento di jumping. Wilson et al [65] hanno osservato che alti livelli di leg stiffness sono correlati all’ottimizzazione del processo di assorbimento e rilascio dell’energia elastica caratteristico del meccanismo di Stretch-Shortening Cycle (SSC), perciò è possibile affermare che l’aumento della ‘leg stiffness’ osservato in questi studi a seguito dell’adozione di un focus attentivo esterno porti a un miglioramento della performance del Drop Jump [20, 48, 65]. È bene però segnalare che elevati livelli di ‘stiffness’ sono correlati ad un maggior rischio di infortunio, in particolare per l’infortunio al legamento crociato anteriore [66], quindi per gli atleti meno esperti partecipanti allo studio di Furuashi et al [48], che hanno mostrato maggiori livelli di ‘leg stiffness’ successivamente all’utilizzo del focus attentivo esterno, questo rischio di infortunio potrebbe essere stato più elevato [48]. Come già citato nel **capitolo 1.1** l’utilizzo di strategie che hanno l’obiettivo di aumentare la “leg stiffness” dovrebbe essere limitato per gli atleti che non possiedono sufficienti capacità di tolleranza e gestione di determinati carichi a livello muscoloscheletrico; in questi casi potrebbe essere più adatto l’utilizzo di un focus attentivo neutro o interno [20], oppure l’utilizzo un focus attentivo esterno con l’obiettivo di atterrare il più

silenziosamente possibile, per evitare la produzione di importanti forze d'impatto durante la fase di contatto al suolo [21].

In maniera simile a quanto osservato rispetto all'efficacia nel modificare il parametro relativo all'altezza del salto, anche per quando riguarda il tempo di contatto al suolo (Contact Time) l'Effect Size totale non risulta statisticamente significativo ( $p\text{-value} > 0.05$ ). Comunque, tutti e tre gli studi di questa Revisione che hanno analizzato il tempo di contatto al suolo (Contact Time o Ground Contact Time) [14, 20, 48] hanno riportato risultati simili tra loro, i quali sono in linea anche con quanto pubblicato in letteratura a riguardo, in particolare con i risultati dello studio di Khuu et al [31] del 2015. Gli autori di questo articolo evidenziano infatti una riduzione significativa del Contact Time nel gruppo al quale sono state fornite indicazioni 'velocity-related' caratterizzate dal focus attentivo esterno, riduzione, anche se non significativa per tutti gli studi, che è stata riportata anche da Barillas et al [14], Comyns et al [20] e da Furuashi et al [48]. Come osservato da Barillas et al [14], questa riduzione del tempo di contatto al suolo ha permesso agli atleti di generare maggiore forza propulsiva in meno tempo, aumentando quindi il 'rate of force development' (RFD), parametri spesso utilizzati per valutare la performance nel Drop Jump [31]. Analogamente a quanto riscontrato rispetto alla 'leg stiffness', il gruppo di atleti dello studio di Furuashi et al [48] che aveva maggior familiarità con il movimento di Drop Jump non ha mostrato differenze significative nel Contact Time tra i vari interventi. Secondo Zushi et al [67], si ipotizza che importanti cambiamenti nel Contact Time siano verificabili quando questo, alla prima misurazione, risulti molto ampio, mentre invece quando il valore del Contact Time è già basso in partenza esso diventa molto più complicato da modificare. Questo potrebbe essere il motivo per il quale non è stato osservato alcun cambiamento significativo nel gruppo più esperto rispetto invece al gruppo meno esperto. Può essere interessante far notare tuttavia una congruenza tra i risultati ottenuti da Makaruk et al [52] e Barillas et al [14] rispetto agli effetti delle indicazioni promuoventi un focus esterno overhead, in Barillas et al [14] indicato come 'force-related', che addirittura causano un aumento del tempo di contatto al suolo. Infine, come

suggerito da Pedley et al [21], le strategie che provocano una riduzione del tempo di contatto al suolo dovrebbero essere limitate per gli atleti che non presentano adeguate capacità di tollerare determinati carichi.

Oltre alle variabili sulle quali è stato possibile effettuare la meta-analisi, in questa Revisione sono state analizzate diverse misure di Outcome, indicate anche come parametri, correlate alla qualità del movimento di jumping e landing, che venivano però riportate solamente da un singolo autore per volta.

Un esempio sono i valori degli angoli e del Range of Movement (ROM) di anca e caviglia, riportate da Dallinga et al [16]. Nello studio è stato osservato un aumento statisticamente significativo dell'angolo e del ROM di flessione dell'anca, associato ad una riduzione del momento di dorsiflessione della caviglia e del relativo angolo, quest'ultima in maniera non statisticamente significativa, nel gruppo di atleti maschi che ha beneficiato del video-feedback rispetto al gruppo di controllo. A supporto dell'utilizzo del video-feedback anche lo studio di Benjaminse et al [59] ha evidenziato un aumento del ROM di flessione d'anca a seguito di feedback visivi (cercare di imitare la performance di un esperto mostrata in un video) rispetto a istruzioni promuoventi un focus attentivo esterno o interno. Altri studi in letteratura hanno riportato effetti positivi del video-feedback sulla tecnica di atterraggio [29, 60, 69, 70], dimostrando l'importanza e l'influenza dei movimenti di anca/tronco e caviglia nella tecnica di atterraggio e nell'assorbimento delle forze generate [2]. Contrariamente però a quanto riportato da Dallinga et al [16], altri due autori, Parsons e Alexander [60] hanno riscontrato un aumento dell'angolo di dorsiflessione di caviglia negli atleti che hanno utilizzato un video-feedback associato ad una checklist di informazioni sulla corretta tecnica di atterraggio.

Anche Almonroeder et al [19] ha analizzato all'interno del suo studio come parametri la flessione d'anca e la dorsiflessione di caviglia, oltre al picco delle GRF, la 'leg stiffness' e la flessione di ginocchio, ma non è stato possibile correlare queste misurazioni a causa del diverso timing di

registrazione dei valori. Tranne per quanto riguarda l'angolo di dorsiflessione di caviglia, che in questo studio non ha subito variazioni significative tra i vari interventi, Almonroeder e colleghi hanno riportato anch'essi un aumento significativo del valore di flessione d'anca nei gruppi d'intervento rispetto al gruppo di controllo, ma non è stata rilevata alcuna differenza significativa tra l'utilizzo del focus attentivo esterno e interno. Entrambi gli interventi hanno quindi portato ad un aumento dell'angolo di flessione d'anca che, associato all'aumento dell'angolo di flessione del ginocchio e alla diminuzione della 'leg stiffness' e delle GRF, risulta quindi indicativo di un pattern di atterraggio più morbido ('soft landing') che è stato dimostrato ridurre il rischio di infortuni all'arto inferiore [12, 17, 19, 22, 27, 28, 31].

Un'altra variabile molto importante che però è stata riportata solamente da Rostami et al [17] consiste nel 'Dynamic Postural Stability Index' (DPSI), parametro fondamentale perché se deficitario rappresenta uno dei più importanti fattori di rischio per le lesioni al ginocchio [71]. Per tale variabile è stato rilevato un miglioramento significativo, che corrisponde ad una riduzione del valore del DPSI [72], a seguito delle 6 settimane di allenamento adottando un focus attentivo esterno rispetto al gruppo di controllo, sia quando veniva performato uno 'stick landing' sia uno 'step back landing'. Questo risultato si pone come novità e come contrasto nei confronti di alcuni articoli precedentemente pubblicati [51, 73], i quali o non utilizzano programmi di allenamento con un focus attentivo esterno per migliorare le performance di balance [74], oppure riportano l'uso di piattaforme vibratorie associate all'allenamento contro-resistenza come strategia più efficace del semplice allenamento [73]. Vi è infine un articolo inclusi all'interno di questa Revisione Sistemica che si è concentrati maggiormente su una determinata tipologia di movimento. Letafatkar et al [15] nel proprio lavoro, considerato dagli stessi autori il primo studio che metteva in comparazione gli effetti di istruzioni verbali con focus attentivo esterno e interno nell'influenzare variabili cinetiche nel Countermovement Jump, ha evidenziato la superiorità del focus attentivo esterno, nei confronti sia del gruppo di controllo che del gruppo utilizzando un focus attentivo di tipo interno, nel migliorare in maniera

significativa, anche con effetti mantenuti nel tempo, tutte le variabili prese in esame, dal ‘Displacement’ verticale alle forze prodotte in fase eccentrica e concentrica, le quali sono considerate come fattori predittivi della performance di salto verticale [61, 75], dimostrando anche in questo caso la capacità del focus attentivo esterno di influenzare in maniera positiva la performance di salto verticale [12, 17, 18, 24, 31].

Infine, in letteratura esistono svariati studi che mettono in luce diversi ulteriori benefici che l’utilizzo di un focus attentivo esterno è in grado di apportare.

Restando all’interno dell’ambito sportivo Wulf et al [76] nel 2013 hanno evidenziato come l’utilizzo di istruzioni caratterizzate da un focus attentivo esterno, più precisamente sulla mazza da golf (‘club’), abbia apportato un significativo miglioramento della precisione del gesto atletico (swing con obiettivo a 15 metri) in golfisti sia esperti che con poca o nulla esperienza in questo sport. Altri autori, come Zarghami et al [77], hanno notato un miglioramento della performance del lancio del disco (aumento della distanza di lancio) dopo aver adottato istruzioni promuoventi un focus attentivo di tipo esterno rispetto ad uno di tipo interno; e Porter et al nel 2015 [78], nel cui studio ha riscontrato un miglioramento della performance di sprint (rappresentata da una riduzione del tempo di percorrenza sui 20 metri) quando sono state fornite istruzioni che portavano i soggetti ad utilizzare un focus attentivo esterno rispetto a quando utilizzavano un focus attentivo interno o neutro. Infine, ulteriori benefici dell’utilizzo di un focus attentivo esterno sono stati evidenziati anche nell’allenamento propedeutico allo sci da discesa utilizzando un cosiddetto ‘ski-simulator’ (Trimm-Drive; Bremshey) nello studio di Wulf et al [13], nel quale i partecipanti che hanno adottato un focus attentivo esterno sono stati in grado di registrare maggiori ampiezze di movimento al simulatore rispetto a coloro che hanno adottato focus di tipo neutro o interno, con quest’ultimo che è stato correlato alle performance peggiori.

Inoltre, l’utilizzo di un focus attentivo esterno è stato indagato anche in correlazione ad altri parametri, come ad esempio l’equilibrio statico mantenendo la stazione eretta sopra ad una balance board.

Diekfuss et al [79] nel 2018 hanno analizzato questa correlazione in pazienti giovani (età media 23.0 ± 3.7 anni), suddividendoli in un gruppo di controllo, in un gruppo dove venivano utilizzate istruzioni caratterizzate da un focus attentivo interno e in uno dove venivano utilizzate istruzioni caratterizzate invece da un focus attentivo di tipo esterno. È stato osservato che quest'ultimo gruppo ha riportato migliori valori di equilibrio e controllo nelle varie misurazioni, i quali si sono poi mantenuti nel tempo. L'utilizzo del focus esterno per migliorare le performance di equilibrio è stato poi esteso anche alle persone con età più avanzata mediante il lavoro di Chiviacowsky et al [80], il quale ha evidenziato come in partecipanti di età compresa tra 60 e 85 anni l'utilizzo del focus attentivo esterno durante un task di controllo posturale, che consisteva nel mantenere l'equilibrio statico sopra ad uno stabilometro, abbia apportato miglioramenti significativi nella performance di equilibrio (calcolata come 'time-in-balance') che si sono mantenuti durante le varie sessioni, dimostrando le comprovate proprietà di mantenimento e generalizzazione proprie dell'utilizzo di un focus attentivo esterno.

### **7.1 Limiti e Punti di Forza dello Studio**

Per questo studio uno dei principali limiti è sicuramente l'assenza di una standardizzazione del tipo di intervento tra i vari studi, limite non imputabile ad errori metodologici di questa Revisione, ma piuttosto alle caratteristiche degli studi presenti in letteratura. Alcuni studi, infatti, utilizzano istruzioni verbali, altri istruzioni attraverso video, altri ancora effettuano le correzioni del movimento confrontando la performance appena eseguita mediante una checklist, che più di una volta utilizza istruzioni sia caratterizzate da un focus attentivo esterno che interno. Anche questa problematica, come indicato nel **capitolo 1.4**, può essere considerata una limitazione: come riporta lo studio di Dallinga et al [16], non si può essere sicuri a cosa l'atleta stia pensando durante l'esecuzione del movimento, e come le istruzioni che gli sono state fornite vengano processate, quindi non si può sapere con certezza se l'atleta sta utilizzando un focus attentivo esterno oppure no.

Infine, un ulteriore limite potrebbe essere dato dalla variabilità dei vari disegni di studio: alcuni infatti dividevano i propri partecipanti in gruppi di trattamento separati, altri invece fornivano, con

tempistiche ben suddivise e bilanciate, istruzioni con focus attentivo diverso allo stesso gruppo di partecipanti, altri ancora avevano previsto un periodo di allenamento più o meno dilatato mentre altri invece no; potrebbe risultare utile in futuro sviluppare e redigere degli studi che presentino un disegno di studio chiaro e costante, e che preveda un periodo di follow-up anche a medio-lungo termine in ambienti differenti dal laboratorio, per determinare con maggior precisione se i risultati ottenuti durante le sessioni si sono mantenuti nel tempo, dimostrando così mantenimento e generalizzazione, principi fondamentali dell'apprendimento motorio [6, 7].

Punto di forza principale di questo studio consiste nello studio stesso, in quanto in letteratura le Revisioni Sistematiche pubblicate sull'argomento, specialmente se associate a meta-analisi dei dati, sono molto poche o addirittura assenti, mentre se pubblicate sono piuttosto datate e quindi non tengono conto degli ultimi articoli presenti in letteratura; problematica non di poco conto dato che l'utilizzo del focus attentivo esterno nella pratica riabilitativa è un argomento sul quale recentemente sono stati pubblicati diversi articoli (si parla di più di mille articoli nel 2021, nel 2022 e nel 2023). Un ulteriore punto di forza dello studio è sicuramente l'aver suddiviso gli studi per outcome in modo da poter effettuare la meta-analisi in maniera indipendente per i vari outcomes analizzati. La meta-analisi dei singoli outcome ha permesso dunque di valutare l'efficacia del focus attentivo esterno non in un contesto complessivo, che avrebbe creato numerosi bias statistici vista l'eterogeneità degli outcome considerati negli studi inclusi, ma analizzando ogni voce singolarmente; inoltre, un punto di forza consiste sicuramente nella simile età dei vari partecipanti allo studio, in quanto permette di ridurre ulteriormente i potenziali bias fra i vari campioni dello studio. In aggiunta, un importante punto di forza di questa Revisione è dato dal fatto che si è riusciti a effettuare una meta-analisi indipendente per gli interventi promuoventi il focus attentivo esterno e interno, ottenendo così un Effect Size separato sia per l'utilizzo del focus attentivo esterno che per l'utilizzo del focus attentivo interno. Infine, anche il 'main topic' dello studio può essere considerato un possibile punto di forza, in quanto è un argomento che, nonostante in questa revisione si riferisca particolarmente ad una popolazione di atleti, è molto trasversale e permette di essere utilizzato in molteplici ambiti della

fisioterapia e della riabilitazione e su una grande variabilità di popolazione, dagli sportivi, come in questo caso, agli anziani [80] e ai pazienti post-stroke [81].

## **8. CONCLUSIONE**

In letteratura è stata analizzata l'efficacia dell'utilizzo di istruzioni promuoventi l'adozione di un focus attentivo di tipo esterno rispetto a diversi parametri collegati alla qualità generale del salto, quali gli angoli, ROM e momenti torcenti relativi alle articolazioni dell'arto inferiore, le forze prodotte durante il movimento di jumping e landing, e alcuni parametri spaziotemporali e biomeccanici determinanti la performance motoria durante i movimenti appena menzionati.

La meta-analisi di 6 degli articoli inclusi in questa Revisione ha riscontrato un miglioramento statisticamente significativo rispetto al picco delle forze reagenti del suolo (GRF), al momento di valgismo del ginocchio e all'angolo di flessione del ginocchio, ma non ai parametri correlati con la performance nel salto. Tali risultati permettono quindi di definire l'adozione di un focus attentivo esterno come strategia efficace nel migliorare la qualità del salto negli atleti, con finalità di prevenzione per determinati infortuni agli arti inferiori ma non con l'obiettivo di aumentare la performance motoria del movimento di jumping eseguito.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Benjaminse A, Otten B, Gokeler A, Diercks RL, Lemmink KAPM. Motor learning strategies in basketball players and its implications for ACL injury prevention: a randomized controlled trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017
2. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. 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
3. Padua DA, Distefano LJ. Sagittal Plane Knee Biomechanics and Vertical Ground Reaction Forces Are Modified Following ACL Injury Prevention Programs: A Systematic Review. *Sports Health.* 2009
4. Welling W, Benjaminse A, Gokeler A, Otten B. Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Hum Mov Sci.* 2016
5. Tricia Lee Widenhoefer, Taylor Matthew Miller, Mark Steven Weigand, Emily Ann Watkins & Thomas Gus Almonroeder. Training rugby athletes with an external attentional focus promotes more automatic adaptations in landing forces, *Sports Biomechanics*, 18:2, 163-173, 2019
6. Welling W, Benjaminse A, Gokeler A, Otten B. Retention of movement technique: implications for primary prevention of ACL injuries. *Int J Sports Phys Ther.* 2017.
7. Hunt C, Paez A, Folmar E. The impact of attentional focus on the treatment of musculoskeletal and movement disorders. *Int J Sports Phys Ther.* 2017.

8. Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, Yokoe K. Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: a twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *J Sports Sci Med*. 2010
9. Sugimoto D, Alentorn-Geli E, Mendiguchía J, Samuelsson K, Karlsson J, Myer GD. Biomechanical and neuromuscular characteristics of male athletes: implications for the development of anterior cruciate ligament injury prevention programs. *Sports Med*. 2015
10. Ghanati HA, Letafatkar A, Almonroeder TG, Rabiei P. Examining the Influence of Attentional Focus on the Effects of a Neuromuscular Training Program in Male Athletes. *J Strength Cond Res*. 2022
11. Welling W, Benjaminse A, Gokeler A, Otten B. Enhanced retention of drop vertical jump landing technique: A randomized controlled trial. *Hum Mov Sci*. 2016
12. Benjaminse A, Gokeler A, Dowling AV, Faigenbaum A, Ford KR, Hewett TE, Onate JA, Otten B, Myer GD. Optimization of the anterior cruciate ligament injury prevention paradigm: novel feedback techniques to enhance motor learning and reduce injury risk. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2015
13. Wulf G, Höß M, Prinz W. Instructions for motor learning: differential effects of internal versus external focus of attention. *J Mot Behav*. 1998
14. Barillas SR, Oliver JL, Lloyd RS, Pedley JS. Kinetic Responses to External Cues Are Specific to Both the Type of Cue and Type of Exercise in Adolescent Athletes. *J Strength Cond Res*. 2023
15. Letafatkar, A., Rabiei, P., Ghanati, H.A. Training athletes with an external attentional focus enhances athletic performance during countermovement jump. *Sport Sci Health*16, 737–745 (2020).

16. Dallinga J, Benjaminse A, Gokeler A, Cortes N, Otten E, Lemmink K. Innovative Video Feedback on Jump Landing Improves Landing Technique in Males. *Int J Sports Med*. 2017
17. Rostami A, Letafatkar A, Gokeler A, Khaleghi Tazji M. The Effects of Instruction Exercises on Performance and Kinetic Factors Associated With Lower-Extremity Injury in Landing After Volleyball Blocks. *J Sport Rehabil*. 2020
18. Oliver JL, Barillas SR, Lloyd RS, Moore I, Pedley J. External Cueing Influences Drop Jump Performance in Trained Young Soccer Players. *J Strength Cond Res*. 2021
19. Almonroeder TG, Jayawickrema J, Richardson CT, Mercker KL. The influence of attentional focus on landing stiffness in female athletes: a cross-sectional study. *Int J Sports Phys Ther*. 2020
20. Comyns TM, Brady CJ, Molloy J. Effect of Attentional Focus Strategies on the Biomechanical Performance of the Drop Jump. *J Strength Cond Res*. 2019
21. Pedley, J.S., Lloyd, R.S., Read, P.J., Moore, I.S., & Oliver, J.L. (2017). Drop Jump: A Technical Model for Scientific Application. *Strength and Conditioning Journal*, 39, 36-44.
22. Benjaminse A, Otten E. ACL injury prevention, more effective with a different way of motor learning? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011
23. Tate JJ, Milner CE, Fairbrother JT, Zhang S. The effects of a home-based instructional program aimed at improving frontal plane knee biomechanics during a jump-landing task. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013
24. Gabriele Wulf. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years, *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6:1, 77-104, 2013
25. Wulf G, Prinz W. Directing attention to movement effects enhances learning: a review. *Psychon Bull Rev*. 2001

26. Kal EC, van der Kamp J, Houdijk H. External attentional focus enhances movement automatization: a comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Hum Mov Sci.* 2013
27. Hartigan E, Col Eman K, Brooks J, Frisbee A, Lawrence M, Hawke K, Breslen G. Self-assessment during Jump Shot Drills Translates to Decreased Vertical Ground Reaction Forces during Single Limb Drop Jump Landing. *Int J Sports Phys Ther.* 2019
28. Leonard KA, Simon JE, Yom J, Grooms DR. The Immediate Effects of Expert and Dyad External Focus Feedback on Drop Landing Biomechanics in Female Athletes: An Instrumented Field Study. *Int J Sports Phys Ther.* 2021
29. Oñate JA, Guskiewicz KM, Marshall SW, Giuliani C, Yu B, Garrett WE. Instruction of jump-landing technique using videotape feedback: altering lower extremity motion patterns. *Am J Sports Med.* 2005
30. McNair PJ, Prapavessis H, Callender K. Decreasing landing forces: effect of instruction. *Br J Sports Med.* 2000
31. Khuu S, Musalem LL, Beach TA. Verbal Instructions Acutely Affect Drop Vertical Jump Biomechanics--Implications for Athletic Performance and Injury Risk Assessments. *J Strength Cond Res.* 2015
32. Bakker R, Tomescu S, Brenneman E, Hangalur G, Laing A, Chandrashekar N. Effect of sagittal plane mechanics on ACL strain during jump landing. *J Orthop Res.* 2016
33. Kristianslund E, Krosshaug T. Comparison of drop jumps and sport-specific sidestep cutting: implications for anterior cruciate ligament injury risk screening. *Am J Sports Med.* 2013
34. Peebles AT, Arena SL, Queen RM. A new method for assessing landing kinematics in non-laboratory settings. *Phys Ther Sport.* 2021

35. Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010
36. Kiapour AM, Demetropoulos CK, Kiapour A, Quatman CE, Wordeman SC, Goel VK, Hewett TE. Strain Response of the Anterior Cruciate Ligament to Uniplanar and Multiplanar Loads During Simulated Landings: Implications for Injury Mechanism. *Am J Sports Med.* 2016
37. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *N Am J Sports Phys Ther.* 2010
38. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, Hewett TE, Bahr R. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 2007
39. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. 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
40. 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. *Am J Sports Med.* 2017
41. Taylor JB, Ford KR, Nguyen AD, Shultz SJ. Biomechanical Comparison of Single- and Double-Leg Jump Landings in the Sagittal and Frontal Plane. *Orthop J Sports Med.* 2016
42. Collings TJ, Diamond LE, Barrett RS, Timmins RG, Hickey JT, DU Moulin WS, Williams MD, Beerworth KA, Bourne MN. Strength and Biomechanical Risk Factors for Noncontact ACL Injury in Elite Female Footballers: A Prospective Study. *Med Sci Sports Exerc.* 2022

43. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, Demaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE Jr, Hannafin JA, Hewett TE, Huston LJ, Ireland ML, Johnson RJ, Lephart S, Mandelbaum BR, Mann BJ, Marks PH, Marshall SW, Myklebust G, Noyes FR, Powers C, Shields C Jr, Shultz SJ, Silvers H, Slauterbeck J, Taylor DC, Teitz CC, Wojtys EM, Yu B. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2006
44. Weinhandl JT, O'Connor KM. Influence of ground reaction force perturbations on anterior cruciate ligament loading during sidestep cutting. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2017
45. Devita P, Skelly WA. Effect of landing stiffness on joint kinetics and energetics in the lower extremity. *Med Sci Sports Exerc.* 1992
46. Young, Warren B.1; Pryor, John F.2; Wilson, Greg J.2. Effect of Instructions on characteristics of Countermovement and Drop Jump Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 9(4):p 232-236, November 1995.
48. <https://www.strobe-statement.org>
48. Furuhashi Y, Hioki Y, Yoshimoto S, Hayashi R. Effect of Neutral, Internal, and External Focus on Drop Jump Performance: Is Drop Jump Performance Affected by Plyometric Training Experience? *J Strength Cond Res.* 2022
49. Prapavessis H, McNair PJ. Effects of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999
50. Beaulieu ML, Palmieri-Smith RM. Real-time feedback on knee abduction moment does not improve frontal-plane knee mechanics during jump landings. *Scand J Med Sci Sports.* 2014

51. Heinert B, Rutherford D, Cleereman J, Lee M, Kernozek TW. Changes in landing mechanics using augmented feedback: 4-Week training and retention study. *Phys Ther Sport*. 2021
52. Makaruk H, Porter JM, Czaplicki A, Sadowski J, Sacewicz T. The role of attentional focus in plyometric training. *J Sports Med Phys Fitness*. 2012
53. Milner CE, Fairbrother JT, Srivatsan A, Zhang S. Simple verbal instruction improves knee biomechanics during landing in female athletes. *Knee*. 2012
54. Popovic T, Caswell SV, Benjaminse A, Siragy T, Ambegaonkar J, Cortes N. Implicit video feedback produces positive changes in landing mechanics. *J Exp Orthop*. 2018
55. McNitt-Gray JL, Hester DM, Mathiyakom W, Munkasy BA. Mechanical demand and multijoint control during landing depend on orientation of the body segments relative to the reaction force. *J Biomech*. 2001
56. Harry JR, Lanier R, Nunley B, Blinch J. Focus of attention effects on lower extremity biomechanics during vertical jump landings. *Hum Mov Sci*. 2019
57. Dalvandpour N, Zareei M, Abbasi H, Abdoli B, Mohammadian MA, Rommers N, Rössler R. Focus of Attention During ACL Injury Prevention Exercises Affects Improvements in Jump-Landing Kinematics in Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *J Strength Cond Res*. 2023
58. Gokeler A, Benjaminse A, Welling W, Alferink M, Eppinga P, Otten B. The effects of attentional focus on jump performance and knee joint kinematics in patients after ACL reconstruction. *Phys Ther Sport*. 2015
59. Benjaminse A, Welling W, Otten B, Gokeler A. Transfer of improved movement technique after receiving verbal external focus and video instruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018

60. Parsons JL, Alexander MJ. Modifying spike jump landing biomechanics in female adolescent volleyball athletes using video and verbal feedback. *J Strength Cond Res.* 2012
61. Kershner AL, Fry AC, Cabarkapa D. Effect of Internal vs. External Focus of Attention Instructions on Countermovement Jump Variables in NCAA Division I Student-Athletes. *J Strength Cond Res.* 2019
62. Wulf G, Dufek JS. Increased jump height with an external focus due to enhanced lower extremity joint kinetics. *J Mot Behav.* 2009
63. Abdollahipour R, Psotta R, Land WM. The Influence of Attentional Focus Instructions and Vision on Jump Height Performance. *Res Q Exerc Sport.* 2016
64. Ford KR, Myer GD, Smith RL, Byrnes RN, Dopirak SE, Hewett TE. Use of an overhead goal alters vertical jump performance and biomechanics. *J Strength Cond Res.* 2005
65. Wilson JM, Flanagan EP. The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2008
66. Kipp K, Kiely MT, Giordanelli MD, Malloy PJ, Geiser CF. Biomechanical Determinants of the Reactive Strength Index During Drop Jumps. *Int J Sports Physiol Perform.* 2018
67. Zushi, Amane et al. "Evaluation of specific strength and power at the lower extremity of jumpers using the rebound jump test." *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 66 (2017): 79-86.
68. Flanagan, Eamonn P PhD, CSCS1; Comyns, Thomas M PhD2. The Use of Contact Time and the Reactive Strength Index to Optimize Fast Stretch-Shortening Cycle Training. *Strength and Conditioning Journal* 30(5): p 32-38, October 2008

69. Etnoyer J, Cortes N, Ringleb SI, Van Lunen BL, Onate JA. Instruction and jump-landing kinematics in college-aged female athletes over time. *J Athl Train*. 2013
70. Munro A, Herrington L. The effect of videotape augmented feedback on drop jump landing strategy: Implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury prevention. *Knee*. 2014
71. Shea, C. H., & Wulf, G. Enhancing motor learning through external-focus instructions and feedback. *Human Movement Science*, 18(4), 553–571, 1999
72. Heebner NR, Akins JS, Lephart SM, Sell TC. Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in healthy and active individuals. *Gait Posture*. 2015
73. Despina T, George D, George T, Sotiris P, Alessandra DC, George K, Maria R, Stavros K. Short-term effect of whole-body vibration training on balance, flexibility and lower limb explosive strength in elite rhythmic gymnasts. *Hum Mov Sci*. 2014
74. Tran, Tai T., et al. "Effects of unstable and stable resistance training on strength, power, and sensorimotor abilities in adolescent surfers." *International Journal of Sports Science & Coaching* 10.5 (2015): 899-910.
75. Laffaye G, Wagner PP, Tombleson TI. Countermovement jump height: gender and sport-specific differences in the force-time variables. *J Strength Cond Res*. 2014
76. Wulf G, Su J. An external focus of attention enhances golf shot accuracy in beginners and experts. *Res Q Exerc Sport*. 2007
77. Zarghami, Mehdi et al. External Focus of attention enhances discus throwing performance. *Kinesiology: international journal of fundamental and applied kinesiology* 44 (2012): 47-51

78. Porter JM, Wu WF, Crossley RM, Knopp SW, Campbell OC. Adopting an external focus of attention improves sprinting performance in low-skilled sprinters. *J Strength Cond Res.* 2015
79. Diekfuss JA, Rhea CK, Schmitz RJ, Grooms DR, Wilkins RW, Slutsky AB, Raisbeck LD. The Influence of Attentional Focus on Balance Control over Seven Days of Training. *J Mot Behav.* 2019
80. Chiviacowsky S, Wulf G, Wally R. An external focus of attention enhances balance learning in older adults. *Gait Posture.* 2010
81. Aloraini SM, Glazebrook CM, Pooyania S, Sibley KM, Singer J, Passmore S. An external focus of attention compared to an internal focus of attention improves anticipatory postural adjustments among people post-stroke. *Gait Posture.* 2020