UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA

campus savona

Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2014/2015

Campus Universitario di Savona

QUALI TEST FUNZIONALI SONO UTILI PER DETERMINARE IL RITORNO ALL'ATTIVITÀ SPORTIVA IN ESITI DI TRAUMA DISTORSIVO ALLA CAVIGLIA?

Candidato:

Dott.ssa Ft. Simona Carini

Relatore:

Dott.ssa Ft. OMT Sara Brunetin

INDICE

ABSTRACT *(Simone De Luca; Simona Carini)* ..... *pag. 4*

ACKNOWLEDGMENTS *(Simone De Luca; Simona Carini)* ..... *pag. 7*

INTRODUZIONE *(Simone De Luca; Simona Carini)* ..... *pag. 8*

Definizione ..... *pag. 8*
Instabilità e Valutazione funzionale ..... *pag. 9*
Scale di valutazione e Test funzionali *pag.10*

MATERIALE E METODI *pag.13*

Single-limb Hopping Test *(Simone De Luca)* *pag.13*
Prima selezione *pag.14*
Seconda selezione *pag.15*

Balance Test *(Simona Carini)* *pag.17*
Flow-chart *pag.18*

RISULTATI *pag.20*

Single-limb Hopping Test *(Simone De Luca)* *pag.20*
Balance Test *(Simona Carini)* *pag.30*

DISCUSSIONE *pag.35*

Single-limb Hopping Test *(Simone De Luca)* *pag.36*

Tipologia del campione di studio *pag.36*
Tipologie di Single-limb Hopping Test *pag.37*
Procedure e modalità di applicazione *pag.39*
Affidabilità dei Test *pag.40*
Batteria di test *pag.42*

Balance test *(Simona Carini)* *pag.44*

Tipologia del campione di studio *pag.44*
Tipologie di Balance Test *pag.44*
Procedure e modalità di applicazione *pag.45*
Affidabilità dei Test *pag.46*

Limiti *(Simone De Luca; Simona Carini)* *pag.47*

Prospettive Future *(Simone De Luca; Simona Carini)* *pag.48*

CONCLUSIONI *(Simone De Luca; Simona Carini)* *pag.49*

KEY POINTS *pag.50*

APPENDICE 1 *(Simone De Luca)* *pag.51*

APPENDICE 2 *(Simone De Luca)* *pag.62*

APPENDICE 3 *(Simona Carini)* *pag.65*

BIBLIOGRAFIA *pag.67*

ABSTRACT

Background

La distorsione tibio-tarsica rappresenta circa il 10% – 30% di tutte le lesioni muscolo-scheletriche nei soggetti sportivi. Frequentemente (42%) ne consegue un quadro clinico di instabilità che può predisporre l'atleta ad un alto rischio di recidiva (21%), soprattutto nei primi 6 mesi dal trauma. Il rientro all'attività sportiva rappresenta, pertanto, un momento estremamente delicato che sancisce il successo o il fallimento dell'intero percorso riabilitativo. In tale contesto un'accurata valutazione multidimensionale delle abilità del soggetto assume una notevole rilevanza, in quanto permette di analizzare nello specifico diversi aspetti dello status funzionale dello sportivo e di garantire un quanto più sicuro ritorno all'attività agonistica riducendo al minimo il rischio di re infortunio.

Se negli anni la letteratura scientifica si è occupata principalmente delle misure di outcome indirette, cercando di identificare le scale e i questionari di valutazione più affidabili e sensibili per il distretto della caviglia, meno interesse è stato rivolto al *pool* dei test funzionali di performance, Balance Test e Single-limb Hopping Test, che al contrario permettono una quantificazione diretta e specifica di due abilità funzionali basilari e comuni alla maggior parte degli sport: l'equilibrio e il salto.

Obiettivi

L'obiettivo di questa tesi è quello di esaminare la letteratura scientifica al fine di individuare quali sono i Single-limb Hopping Test e i Balance Test che possiedono le migliori capacità valutative, discriminative e predittive dello stato funzionale dell'atleta con trauma distorsivo alla caviglia al fine di garantirne un sicuro ritorno all'attività sportiva.

Materiali e Metodi

La ricerca bibliografica è stata condotta da due esaminatori consultando la banca dati di MedLine mediante il motore di ricerca di PubMed e il database Pedro, nel periodo di tempo compreso tra Luglio 2015 e Marzo 2016. Sono stati considerati esclusivamente gli articoli in lingua inglese che indagavano l'affidabilità dei Balance test e degli Hopping test nella valutazione funzionale di soggetti sportivi con instabilità di caviglia post-distorsione. Al contempo sono stati esclusi gli articoli che presentavano una popolazione sana e/o non sportiva, quelli che non analizzavano direttamente la validità e l'affidabilità dei balance e degli hopping test o che utilizzavano misure di outcome scarsamente riproducibili nella pratica clinica (es. pedane di forza, dati di laboratorio). Non sono stati definiti limiti temporali di pubblicazione degli articoli.

Risultati

I criteri di inclusione e di esclusione della ricerca hanno prodotto 8 articoli riguardanti i Balance Test di cui 7 studi caso-controllo e 1 review e 11 articoli inerenti ai Single-limb Hopping Test, di cui 6 studi caso-controllo, 2 studi sperimentali, 2 studi cross-sectional e 1 studio di coorte.

Conclusioni

Esaminando la letteratura presa in esame è emerso che i Balance Test risultano essere un'efficace misura di outcome in previsione del ritorno all'attività sportiva in seguito a distorsione tibiotarsica, in particolare lo Star Escursion Balance Test (SEBT) risulta essere quello maggiormente utilizzato. Per la ricerca riguardante i Single-limb Hopping Test, c'è consenso in letteratura sulla maggiore affidabilità e capacità diagnostica dei test che utilizzano come misura di outcome il tempo e che richiedono una performance sul piano frontale o su più piani contemporaneamente. Il Side Hop Test, il Figure-8 Hop Test e il Multiple Hop Test sono quelli maggiormente utilizzati e con le migliori caratteristiche psicometriche.

Buona affidabilità è stata riscontrata anche con l'impiego di batterie di test (ICCs = 0.95 – 0.98), pertanto sarebbe auspicabile che le future ricerche indaghino la possibile integrazione dei risultati dei Single-limb Hopping Test con i punteggi emersi dai Balance Test e altri test funzionali, scale di valutazione e/o questionari auto-compilati, al fine di incrementare ulteriormente le capacità diagnostiche e discriminative dei singoli test e di pervenire ad uno strumento di valutazione quanto più completo, multidimensionale e trasversale.

ACKNOWLEDGMENTS

La tesi è stata realizzata da due autori che hanno condotto separatamente le ricerche su due differenti tipologie di test di performance per la valutazione funzionale dell'atleta in seguito a distorsione tibio-tarsica.

Entrambe le ricerche hanno coperto il periodo di tempo compreso tra Luglio 2015 e Marzo 2016 e in particolare il contributo relativo ai Single-limb Hopping Test è stato realizzato dal Dott. Ft. Simone De Luca, mentre quello inerente i Balance Test è stato frutto della ricerca condotta dalla Dott.ssa Ft. Simona Carini.

Entrambi gli autori hanno contribuito direttamente alla realizzazione dell'Introduzione e delle Conclusioni, momenti di integrazione tra due ricerche differenti, ma al contempo estremamente correlate e integrate nella pratica clinica.

Si ringrazia, inoltre, la Dott.ssa Ft. OMT Sara Brunetin per il supporto tecnico e la costante giuda alla realizzazione della tesi.

INTRODUZIONE

Definizione

Il trauma distorsivo alla caviglia è una delle lesioni muscolo-scheletriche più frequenti nella popolazione sportiva, tanto da costituirne il 10% - 30% di tutte le lesioni[1,2,3,4,5], con percentuali fino al 40% [6,7], e con un'incidenza annua del 2,15‰ negli USA e del 5-7‰ in Europa [2].

Oltre ad essere una frequente causa di accesso al servizio sanitario (circa il 3-5% degli accessi giornalieri nel Regno Unito e circa 1.2 milioni di visite mediche/anno negli Stati Uniti)[6,8], i traumi distorsivi hanno notevoli ricadute socio-economiche in termini di costi, che negli USA raggiungono i 2 miliardi di dollari all'anno[6],e di assenza dalle attività lavorative e sportive: a 7 giorni dall'evento traumatico il 25% dei soggetti non è in grado di svolgere le proprie attività[8], e nel 60% - 74% dei casi si riscontra una disabilità a lungo termine (1-4 anni).[2,6,7]

Il meccanismo traumatico alla base della distorsione tibio-tarsica prevede uno stress in inversione (85% dei casi)[3,6] o in eversione (10% - 15% delle lesioni)[3,6] che si verifica principalmente nella fase di accettazione di carico (*heel-strike*); ne consegue pertanto che gli sport con la maggiore incidenza di infortunio sono quelli di squadra e/o indoor[1,8] che prevedono ripetute fasi di carico-scarico dell'articolazione: corsa, cambi di direzione e salti. Tra questi i più coinvolti sono basket (41,1%), football (9,3%), calcio (7,9%), running (7,2%), pallavolo (4,0%), baseball (3,0%) e ginnastica (2,1%), mentre le massime incidenze orarie vengono fatte registrare dal rugby (4,20‰) e dal calcio (2,52‰).[1,2,6]

Il termine distorsione comprende quadri clinici estremamente eterogenei che vanno dalla semplice elongazione delle strutture legamentose laterali e/o mediali (Grado 1) fino alla loro completa rottura (Grado 3) con possibile associazione di altre patologie concomitanti: fratture, lesioni osteo-condrali (*kissing lesions*), lesioni tendinee e lesioni della sindesmosi tibio-peroneale distale.

Il processo di recupero varia a seconda degli impairment presenti al baseline, ma nonostante il trattamento riabilitativo una percentuale di pazienti compresa tra il 3% e il 31% riporta una lassità al cassetto anteriore a 6 mesi e, pur non presentando sintomi, il 7% - 42% riferisce una sensazione di instabilità ad un anno dall'evento traumatico.[9]

Diversi studi, proprio in virtù degli elevati tassi di incidenza e del notevole impatto socio-economico della patologia, hanno cercato di identificare alcuni possibili fattori di rischio che potrebbero predisporre ad un episodio distorsivo. Una relazione statisticamente significativa è stata riscontrata per l'età, con un picco di incidenza nella fascia 15-19 anni (7,2‰ contro l'incidenza media di 2,15‰), per il sesso, con maggiore prevalenza negli atleti maschi tra i 15-24 anni e nelle donne oltre i 30 anni e per il livello agonistico dell'attività svolta (rischio aumentato del 55% - 66% negli atleti professionisti rispetto a quelli amatoriali).[2,3,6,8]

Il fattore di rischio di maggiore rilevanza statistica e clinica è, però, la presenza in anamnesi di un precedente trauma distorsivo a carico dell'articolazione tibio-tarsica omo e/o controlaterale; in seguito a 2-3 episodi distorsivi, infatti, si assiste ad un aumento della probabilità di re-infortunio dal 9% (nessun evento precedente) fino addirittura al 21%.[4,5,6,10]

Instabilità e Valutazione funzionale

Una frequente, diretta e temibile conseguenza della distorsione tibio-tarsica è rappresentata dall'instabilità, presente fino al 42% dei casi.

In clinica si possono distinguere due tipi di instabilità: *meccanica*, definita come mobilità articolare anomala oltre il limite fisiologico di movimento, e *funzionale* in cui si assiste al persistere della sintomatologia in assenza di lassità meccanica patologica.[11]

I pazienti con instabilità funzionale di caviglia possono risultare negativi ai test manuali pur riferendo comunque sintomi come dolore, gonfiore, debolezza, diminuzione della performance, sensazione di instabilità anche a distanza di mesi o anni dal trauma.

Non è possibile definire con certezza quali siano le cause che sottendono l'instabilità funzionale, ma sembra che alla base di tale condizione clinica vi siano dei meccanismi fisiopatologici centrali e periferici come: alterazione/deficit del controllo neuromuscolare e posturale, deficit della propriocezione e della forza muscolare.[12]

Il precoce ritorno all'attività agonistica, prima che il processo di recupero sia effettivamente completato, sembra essere associato ad un'aumentata incidenza dell'instabilità funzionale e del rischio di re-infortunio, soprattutto nei primi sei mesi dal trauma.[12] Pertanto, oltre alla corretta gestione riabilitativa del paziente, è necessario valutarne accuratamente lo stato funzionale al fine di identificare la corretta tempistica per un sicuro ritorno allo sport con il minimo rischio di recidiva.

Ma è realmente possibile definire un *corretto timing* per il ritorno all'attività agonistica?

Il processo decisionale che porta alla definizione del momento per un sicuro ritorno allo sport è estremamente complesso e multifattoriale; in esso entrano in gioco numerose variabili strutturali, funzionali e psicosociali, pertanto l'abilità del clinico sta nel combinare i diversi strumenti di valutazione di cui dispone per ottenere quante più informazioni possibili che lo possano aiutare in tale percorso di scelta.

Scale di valutazione e Test funzionali

In letteratura sono riportate diverse scale di valutazione per l'arto inferiore e in particolare, quelle maggiormente utilizzate per l'instabilità cronica di caviglia sembrano essere la Foot and Ankle Disability Index (FADI), la Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), la Lower Extremity Function Score (LEFS) e lo Sports Ankle Rating System (SARS).

Nonostante la FADI abbia riportato elevati parametri di affidabilità e precisione (r = 0.89 e SEM = 2.61)[13], in letteratura non c'è consenso su quale tra queste sia la più affidabile e, non essendo stato ancora identificato un *reference standard* patologia-specifico, la scelta della misura di outcome più appropriata spetta al fisioterapista in base al contesto clinico nel quale si trova ad agire.[14]

Le scale di valutazione, indagando le difficoltà nell'esecuzione delle attività della vita quotidiana e di quelle ricreative/sportive, hanno il vantaggio di fornire una misura sintetica, facilmente interpretabile e confrontabile, della disabilità del soggetto e/o dell'entità del recupero post-riabilitazione. Tali strumenti però, per quanto sensibili, forniscono una stima indiretta e soltanto parziale che, presa singolarmente, risulta insufficiente a definire lo stato funzionale del soggetto per garantire un sicuro ritorno all'attività; questo è tanto più vero quando si ha a che fare con una popolazione di atleti, a causa dell'elevato livello funzionale richiesto dalla performance sportiva.

Pertanto, una valutazione completa delle abilità del soggetto sportivo e dell'entità del recupero in seguito a distorsione tibio-tarsica non può prescindere dall'esecuzione di alcuni test funzionali che permettono una quantificazione diretta e reale delle effettive capacità di performance.

In letteratura esistono diverse tipologie di test funzionali, ma in questa tesi ne verranno prese in considerazione solamente due, i *Balance Test* e i *Single-limb Hopping Test*, per la loro capacità di indagare due differenti abilità basilari e comuni alla maggior parte delle discipline sportive: l'equilibrio e il salto.

I primi, infatti, permettono di valutare la capacità del soggetto di mantenere l'equilibrio sia statico (es: Single-legged Balance Test) che dinamico (es: Star Excursion Balance Test) sull'arto deficitario, mentre gli altri valutano la performance durante l'esecuzione di salti nei vari piani di movimento attraverso la rilevazione del tempo impiegato ad eseguire il test, della distanza percorsa e della presenza o meno di dolore, sensazione di cedimento e/o compensi posturali (es: Cross 6-meter Hop for Time, Triple-crossover Hop for Distance, Single-limb Hopping Course ecc.).

Queste due categorie di test di performance, benché nascano per valutare specifiche abilità, per la loro caratteristica funzionale inevitabilmente risultano trasversali, andando ad indagare in maniera indiretta anche le condizioni dell'intero arto inferiore, includendo i distretti di anca e ginocchio, e altre abilità funzionali come propriocezione, controllo motorio, forza, resistenza, velocità, coordinazione, agilità e potenza esplosiva.

Questi test possono essere utilizzati durante tutto il processo riabilitativo e, in associazione con i punteggi emersi dalle scale di valutazione, sono in grado di fornire

al clinico utili informazioni sullo stato funzionale del soggetto e un importante aiuto nella definizione della corretta tempistica per un più sicuro ritorno allo sport.[14]

In conclusione, dalla letteratura emerge che, attualmente, le prove di efficacia a supporto delle misure di outcome post distorsione tibio-tarsica sono abbastanza limitate e pertanto sorge la necessità di un'indagine più approfondita al fine di implementarle per ottenere uno strumento valutativo quanto più affidabile, sensibile e specifico per una quantificazione oggettiva degli *skills neuromotori* dell'atleta.

L'obiettivo di questa tesi sarà pertanto quello di individuare nella letteratura quali sono i Single-limb Hopping Test e i Balance Test che presentano le migliori capacità valutative, discriminative e predittive dello stato funzionale dell'atleta con trauma distorsivo alla caviglia.

MATERIALI E METODI

SINGLE-LIMB HOPPING TEST (*Simone De Luca*)

La ricerca bibliografica, relativa ai Single-limb Hopping Test, è stata condotta da un singolo revisore nel periodo di tempo compreso tra Luglio 2015 e Marzo 2016 consultando la banca dati di MedLine attraverso il motore di ricerca di PubMed.
Le parole chiave utilizzate ai fini della ricerca sono state: *ankle sprain, ankle injury, functional ankle instability, chronic ankle instability, lower limb injuries, functional test, functional outcome, hop, jump, hop test, hopping test, functional measure, functional evaluation, outcome evaluation, return to sport, return to play.*

La stringa di ricerca finale, ottenuta associando le parole chiave alle relative MeSH Terms, agli operatori booleani *OR* e *AND* e aggiungendo i filtri *english*, *human* e *reperibilità dell'abstract*, è risultata la seguente:

(functional tests[Title/Abstract] OR functional outcomes[Title/Abstract] OR (functional[All Fields] AND ("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle"[All Fields] OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle"[All Fields] AND "joint"[All Fields]) OR "ankle joint"[All Fields]) AND tests[Title/Abstract]) OR (functional[All Fields] AND hop tests[Title/Abstract]) OR (functional[All Fields] AND jump tests[Title/Abstract]) OR hopping tests[Title/Abstract] OR hop tests[Title/Abstract] OR jump tests[Title/Abstract] OR (single-limb[All Fields] AND hopping tests[Title/Abstract]) OR (single-leg[All Fields] AND hopping tests[Title/Abstract]) OR (single-leg[All Fields] AND jump tests[Title/Abstract]) OR jumping tests[Title/Abstract] OR jump[Title/Abstract] OR hop[Title/Abstract] OR outcome tests[Title/Abstract] OR outcome measures[Title/Abstract] OR functional measures[Title/Abstract] OR functional evaluation[Title/Abstract] OR outcome

evaluation[Title/Abstract] OR return to sport[Title/Abstract] OR return to play[Title/Abstract]) AND (ankle sprains[Title/Abstract] OR ankle sprain[Title/Abstract] OR ankle injury[Title/Abstract] OR ankle injuries[Title/Abstract] OR functional ankle instability[Title/Abstract] OR chronic ankle instability[Title/Abstract] OR lower limb injuries[Title/Abstract]) AND ("humans"[MeSH Terms] AND English[lang]).

La selezione dei risultati prodotti dalla ricerca è stata condotta secondo specifici criteri ed ha previsto l'inclusione degli articoli in lingua inglese che presentavano gli Hopping Test come oggetto di studio e che si occupavano esclusivamente del distretto caviglia con quadri clinici di instabilità post-distorsiva in soggetti sportivi.
I criteri di esclusione identificati per la ricerca sono stati: popolazione di studio sana e/o non sportiva, non utilizzo degli hopping test nella valutazione funzionale del soggetto, scarsa pertinenza con l'obiettivo dello studio, che ricordiamo essere quello di identificare quali sono gli hopping test che presentano migliori capacità valutative, descrittive e predittive dello stato funzionale del soggetto con trauma distorsivo alla caviglia.
Per non pertinenza si intende: non utilizzo degli hopping test come oggetto centrale di studio e/o utilizzo degli hopping test come misura di outcome per quantificare l'efficacia delle varie tecniche di trattamento e/o utilizzo di strumenti di valutazione di laboratorio scarsamente riproducibili nel setting clinico (ad es. pedane di forza).
In fase di ricerca, inoltre, non sono stati specificati limiti temporali relativi alla data di pubblicazione degli articoli.

Prima selezione

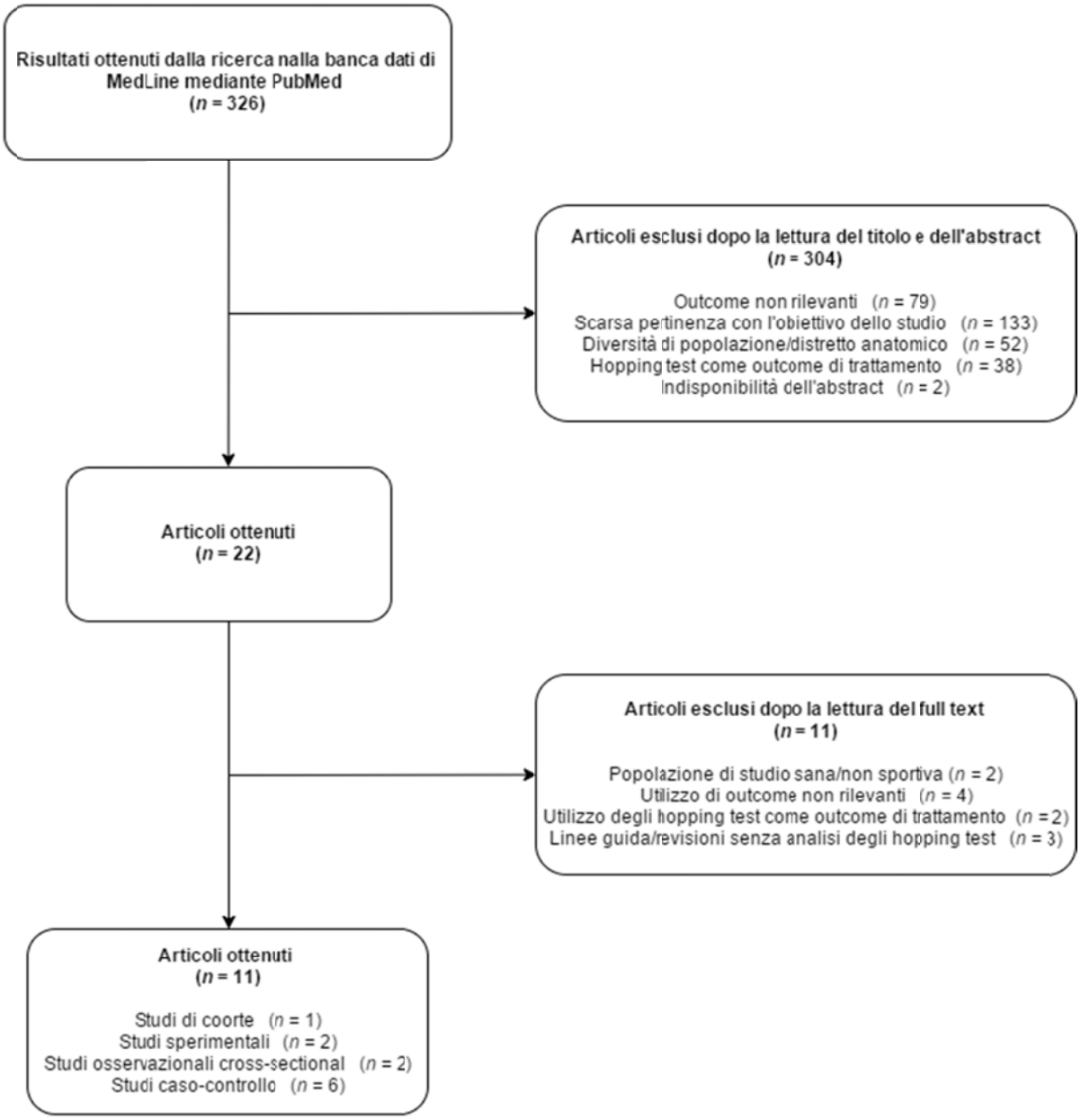
La stringa di ricerca utilizzata ha prodotto un totale di 326 articoli che sono stati sottoposti ad un accurato processo di selezione in base ai criteri di inclusione/esclusione precedentemente definiti.
Una prima ampia selezione è stata realizzata attraverso la lettura del titolo e dell'abstract ed ha portato all'esclusione di 304 articoli. In questa prima fase sono stati considerati anche gli articoli di dubbia pertinenza.

Seconda selezione

I 22 articoli selezionati sono stati esaminati in maniera più approfondita mediante la lettura del full text.

Undici articoli non hanno soddisfatto i criteri di inclusione: due di questi utilizzavano un campione di soggetti sani o non sportivi (militari), quattro prevedevano l'impiego di rilevazioni di laboratorio come misure di outcome, poco applicabili nella pratica clinica e pertanto ritenuti non rilevanti per la finalità della tesi, due articoli si sono rivelati non pertinenti per l'utilizzo degli Hopping Test come strumento di valutazione dell'efficacia di trattamento e infine due linee guida e una revisione sono state escluse dallo studio in quanto si occupavano del management riabilitativo del soggetto con distorsione di caviglia tralasciando, però, l'analisi specifica degli Hopping Test.

Di seguito si riporta una flow chart che riassume schematicamente i procedimenti metodologici con cui è stata condotta la ricerca bibliografica degli articoli che costituiranno il principale argomento della revisione.


Risultati ottenuti dalla ricerca nalla banca dati di MedLine mediante PubMed (n = 326)
Articoli esclusi dopo la lettura del titolo e dell'abstract (n = 304)
Outcome non rilevanti (n = 79)
Scarsa pertinenza con l'obiettivo dello studio (n = 133)
Diversità di popolazione/distretto anatomico (n = 52)
Hopping test come outcome di trattamento (n = 38)
Indisponibilità dell'abstract (n = 2)
Articoli ottenuti (n = 22)
Articoli esclusi dopo la lettura del full text (n = 11)
Popolazione di studio sana/non sportiva (n = 2)
Utilizzo di outcome non rilevanti (n = 4)
Utilizzo degli hopping test come outcome di trattamento (n = 2)
Linee guida/revisioni senza analisi degli hopping test (n = 3)
Articoli ottenuti (n = 11)
Studi di coorte (n = 1)
Studi sperimentali (n = 2)
Studi osservazionali cross-sectional (n = 2)
Studi caso-controllo (n = 6)

BALANCE TEST *(Simona Carini)*

La ricerca, effettuata da Novembre 2015 ad Aprile 2016, è stata condotta utilizzando sia la banca dati MedLine sul portale PubMed, sia il database Pedro.
Per la ricerca su PubMed sono state utilizzate le seguenti parole chiave "Functional performance test", "balance test", "ankle sprain", "ankle injuries", "ankle instability", "lower extremity dysfunction". Sono state combinate tra loro attraverso l'utilizzo degli operatori booleani AND e OR per creare la stringa definitiva di ricerca: (Functional performance test OR balance test) AND (ankle sprain OR ankle injuries OR ankle instability OR lower extremity dysfunction)".
A questa stringa di ricerca sono stati applicati alcuni filtri per restringere ulteriormente il campo: articoli esclusivamente in lingua inglese e articoli il cui abstract fosse stato disponibile.
Per la ricerca su Pedro, visto il carattere specialistico riabilitativo del database e le minori potenzialità di restrizione della ricerca ho utilizzato la seguente stringa di ricerca: "ankle functional balance test".

Criteri di inclusione:

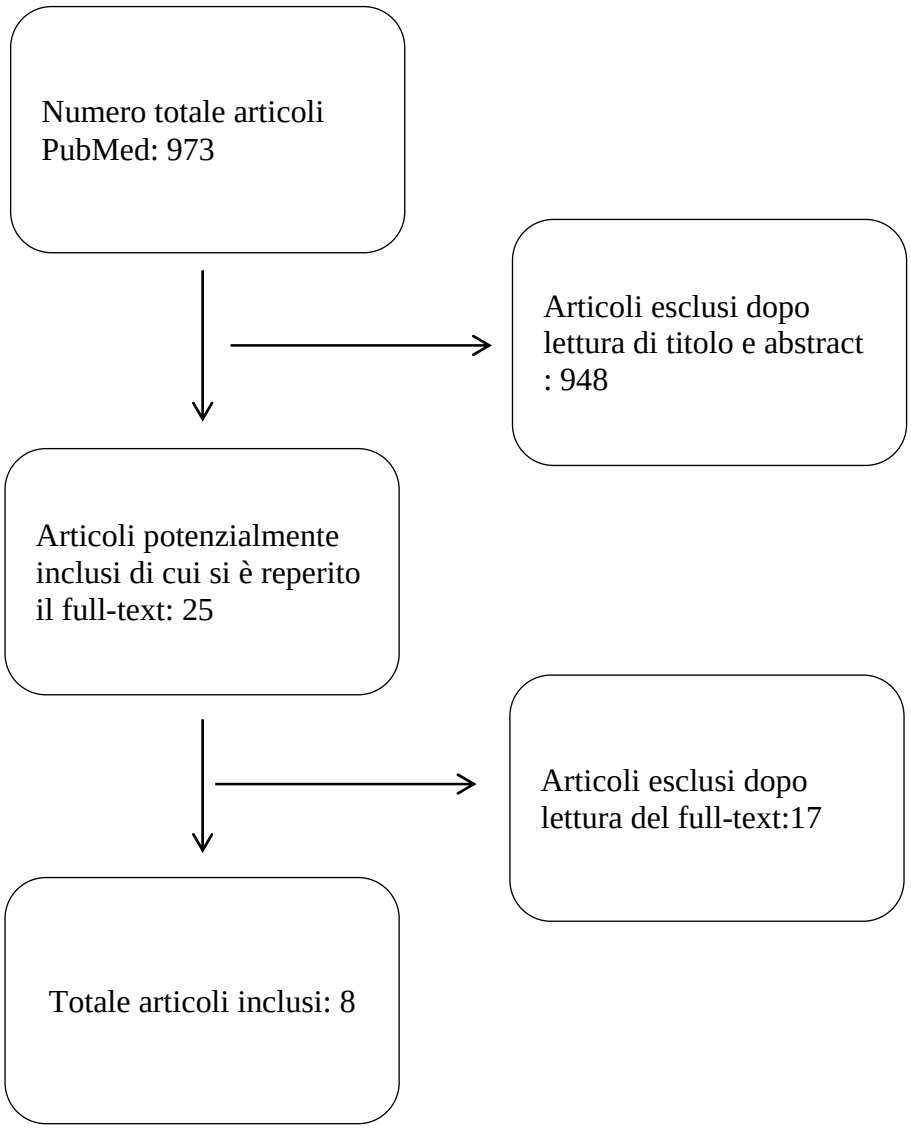
- Pertinenza all'oggetto di indagine della tesi: ovvero articoli il cui oggetto di studio sia direttamente collegato ai test funzionali (Balance Test) applicati a disfunzioni del distretto caviglia piede.
- Articoli riguardanti sia episodi distorsivi di caviglia sia instabilità funzionale intesa come diretta conseguenza di pregressi traumi.

Criteri di esclusione:

- Articoli correlati a distretti diversi da tibiotarsica e piede.
- Articoli riguardanti esclusivamente il trattamento chirurgico delle distorsioni TT o qualunque tipo di frattura a carico della caviglia.

Flow-chart

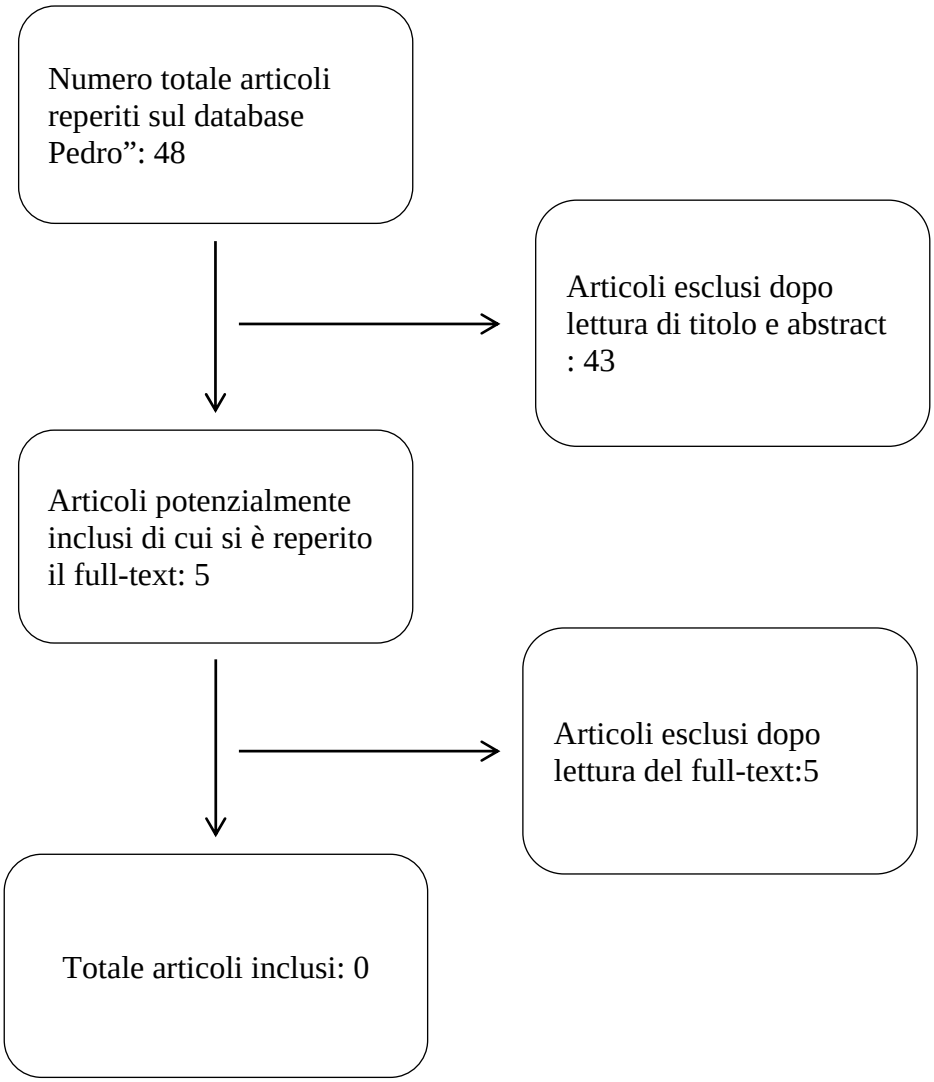
Attraverso i risultati ottenuti della ricerca è stato possibile costruire una flow-chart riassuntiva:
dal database PubMed sono stati trovati 973 articoli; dopo la lettura del titolo e abstract sono stati esclusi 948 perchè non rispettavano i criteri di inclusione: non riguardavano direttamente il distretto caviglia- piede. Dei 25 articoli selezionati è stato reperito il full-text e dopo la lettura sono stati esclusi 17 articoli perché non utilizzavano i balance test presi in esame come misura di outcome ma solo come training, utilizzando come outcome l'incremento della forza muscolare, la diminuzione del dolore e l'aumento del rom articolare.



Stesso procedimento è stato adottato per la ricerca sul database Pedro, il quale essendo più specifico è stato utilizzata una stringa di ricerca più ampia: “ankle functional balance test” senza aggiungere ulteriori filtri. Dei 48 articoli iniziali, dopo la lettura di titolo e abstract ne sono stati esclusi 43 perché non rispettavano i criteri di inclusione; dopo la lettura del full-text i 5 articoli sono stati esclusi nella loro totalità perché non prendevano in esame campioni con traumi acuti o pregressi alla tibiotarsica, non utilizzavano come outcome i test funzionali oggetto del nostro studio e perché più in generale non rispondevano ai quesiti di ricerca.

Il diagramma di flusso di seguito riportato riassume graficamente quanto accennato, elencando i lavori presi in considerazione per questa revisione ed illustrando brevemente i motivi per cui sono stati esclusi dalla stessa.

stati esclusi dalla stessa.



RISULTATI

SINGLE-LIMB HOPPING TEST (Simone De Luca)

Al termine del processo di selezione, gli articoli ritenuti eligibili per la tesi secondo i criteri di inclusione/esclusione sono stati undici.
Nello specifico sono stati inclusi 6 studi di tipo caso-controllo, 2 studi sperimentali, 2 studi osservazionali cross-sectional e 1 studio di coorte.
Appare evidente che la letteratura in merito all'affidabilità degli hopping test nella valutazione funzionale dopo distorsione tibio-tarsica è abbastanza limitata. Mancano, inoltre, delle revisioni sistematiche che permettano di avere un quadro complessivo delle differenti tipologie di hopping test e di confrontarne le proprietà discriminative e valutative al fine di poter selezionare quelli più appropriati in base allo specifico contesto clinico.
Le uniche revisioni e linee guida emerse dalla ricerca bibliografica, infatti, si occupavano soltanto della gestione riabilitativa del soggetto nelle diverse fasi, senza fornire indicazioni specifiche sull'utilizzo dei test di performance.
Gli studi inclusi nella tesi, pur prendendo in considerazione diverse tipologie di Hopping test sembrano concordare, anche se con valori eterogenei, sull'affidabilità di tali test di performance nella valutazione delle abilità funzionali dopo distorsione di caviglia.
Per una visione più schematica ed intuitiva degli articoli inclusi nella revisione al termine della ricerca bibliografica si rimanda alla tabella riassuntiva sottostante. (*Tabella 1*)

Nella tabella vengono riportati gli articoli in ordine di pubblicazione e le loro principali caratteristiche. Oltre al disegno di studio, alla tipologia di campione e controlli, agli obiettivi e ai risultati cui i vari autori sono pervenuti *(si includono solo*

quelli relativi agli Hopping Test tralasciando quelli di altri esami/scale/test), vengono riportate le differenti tipologie di test e scale di valutazione utilizzati, focalizzando l'attenzione sui Single-limb Hopping Test. I test di salto sono stati ulteriormente approfonditi, considerando sia il piano di movimento richiesto dalla performance funzionale (Frontale, Sagittale o entrambi) e le variabili utilizzati di volta in volta come misure di outcome dei singoli Hopping Test.

Tabella 1 - Tabella sinottica degli articoli inclusi nello studio in ordine di pubblicazione *(Single-limb Hopping Test)*.

PRIMO AUTORE e ANNO	DISEGNO di STUDIO	TIPOLOGIA SOGGETTI e PATOLOGIA	TIPOLOGIA CONTROLLI	OBIETTIVI	TEST/SCALE UTILIZZATI	PIANO di MOVIMENTO *(Hopping test)*	OUTCOME UTILIZZATI *(Hopping test)*	RISULTATI
Linens S.W.[17] (2014)	Case-control	17 soggetti sportivi con Chronic Ankle Instability (CAI)	17 controlli sani	Verificare se i soggetti con CAI presentano un'alterata stabilità posturale e risultati peggiori nei test di performance.	7 test funzionali: *Balance Error Scoring System (BESS)* *Time in Balance* *Foot Lift* *Single-legged Stance* *Star Excursion Balance Test* ***Side Hop test*** ***Figure-8 Hop test***	Frontale *(Side Hop test)* Frontale e Sagittale *(Figure-8 Hop test)*	Tempo impiegato (s)	Differenze statisticamente significative nella performance degli Hopping test tra soggetti con CAI e controlli sani: Side Hop test *(p = 0.006)** Figure-8 Hop test *(p = 0.03)**
Groters S.[11] (2013)	Case-control	16 soggetti sportivi con Functional Ankle Instability (FAI)	16 soggetti sani	Determinare la capacità valutativa del Double-leg Stance nei soggetti con FAI e la relazione tra valutazione statica e	*Double-leg stance* *Esercizi di trasferimenti di carico* ***Multiple Hop Test*** *VAS – difficoltà percepita*	Frontale e Sagittale *(Multiple Hop test)*	N° errori posturali VAS – difficoltà percepita	Maggior numero di errori al Multiple Hop test per i soggetti con FAI rispetto ai controlli sani (***p < 0.001****). No relazioni tra i punteggi del

				dinamica.				Double-leg stance e del Multiple Hop test.
Witchalls J.B. [16] **(2012)**	Studio di coorte cross-sectional	86 soggetti sportivi dell'accademia militare con lassità legamentosa tibio-tarsica	No gruppo di controllo	Indagare la presenza di una possibile relazione tra lassità legamentosa tibio-tarsica e deficit di performance funzionale.	*Anterior Drawer test - TT* *ROM-dorsiflessione* ***Single-leg hop for distance*** ***Hexagon agility hop test*** ***Hop and Hold landing stability test***	Sagittale *(Single-leg hop for distance)* Frontale e Sagittale *(Hexagon agility hop; Hop and Hold landing stability test)*	Distanza *(Single-leg Hop)* N° dei salti eseguiti correttamente *(Hexagon agility hop test; Hop and Hold landing stability test)*	Differenze statisticamente significative tra caviglie stabili e instabili: Single-leg Hop for distance $p = 0.001$* Hexagon Agility Hop test $p = 0.033$* unilaterale $p < 0.001$* confronto bilaterale
Eechaute C. [20] **(2012)**	Blinded case-control	29 atleti con Chronic Ankle instability (CAI)	29 soggetti sani	Determinare le proprietà valutative e discriminative del Multiple Hop Test.	***Multiple Hop test*** *VAS – difficoltà percepita*	Frontale e Sagittale	N° errori posturali *(MDC = 41% Cut-off = 13,5)* Tempo impiegato *(MDC = 15% Cut-off = 35 sec)* VAS *(MDC = 55% Cut-off = 32,5mm)*	Il Multiple Hop test è un utile strumento discriminativo per l'instabilità cronica di caviglia. Con la positività di due dei tre outcomes: Sn = 86% Sp = 79% LR+ = 4,2 LR– = 0.17 ICC = 0.84 –

								0.96 Accuratezza diagnostica = 83%
Sharma N.[23] (2011)	Case-control	31 atleti con Functional Ankle instability (FAI); ulteriore suddivisione in base alla presenza di cedimento articolare	31 atleti sani Arto controlaterale sano dei soggetti del gruppo FAI	Valutare la presenza di deficit funzionali nei test di performance in atleti con FAI.	1. ***Single-limb hopping course*** 2. ***Figure-8 Hop test*** 3. ***Side Hop test*** 4. ***Single-limb Hurdle test*** 5. ***Square Hop test*** 6. ***Single Hop test***	Sagittale *(Single Hop test)* Frontale *(Side Hop test)* Sagittale e Frontale *[1,2,4,5]*	Tempo impiegato (s) *[1,2,3,4,5]* Distanza (m) *(Single Hop test)*	Sono state riscontrate differenze statisticamente significative in tutti i test di performance tranne nel *Single Hop Test*, per entrambi i tipi di analisi: tra i due gruppi di studio *(inter-gruppo)* e tra gli arti inferiori dei soggetti con FAI *(intra-gruppo):* 1. ***p < 0.05* ICC = 0.93*** 2. ***p < 0.05* ICC = 0.84*** 3. ***p < 0.05* ICC = 0.95*** 4. ***p < 0.05* ICC = 0.90*** 5. ***p < 0.05* ICC = 0.93*** 6. p < 0.05 ICC = 0.96

Wikstrom E.A.[13] (2009)	Single-blind Case-control	24 soggetti con Chronic Ankle Instability (CAI)	24 soggetti senza instabilità post-distorsione *(copers)* 24 soggetti sani	Confrontare i risultati dei test di performance con i punteggi dei questionari di auto-valutazione della disabilità.	4 test: ***Figure-8 Hop test*** ***Side Hop test*** ***Triple-crossover Hop for distance*** ***Single-leg Hop for distance*** 3 questionari auto-valutativi: *FADI, FADI-Sport e SRQAF*	Sagittale *(Single-leg Hop for distance)* Frontale *(Side Hop test)* Frontale e Sagittale *(Figure-8 Hop test; Triple-Crossover Hop for distance)*	Tempo impiegato (s) *(Figure-8 Hop test; Side Hop test)* Distanza (m) *(Triple-Crossover Hop; Single-leg Hop)*	Gli Hopping test si sono rilevati uno strumento poco preciso e scarsamente affidabile nella valutazione della disabilità in soggetti con CAI (ICC = 0.21 – 0.43) Differenze non statisticamente significative tra i gruppi di studio (CAI, copers, sani) (p = 0.259) Nessuna differenza tra copers e soggetti sani sia nei test che nei questionari.
Caffrey E.[18] (2009)	Experimental Cross-sectional	30 studenti sportivi con Functional Ankle Instability (FAI)	30 controlli sani	Determinare le proprietà discriminative di quattro Single-limb Hopping test.	***Figure-8 Hop test*** ***Side Hop test*** ***6-meter crossover Hop test*** ***Square Hop***	Frontale *(Side Hop test)* Frontale e Sagittale *(Figure-8 Hop; 6-m crossover hop; Square hop test)*	Tempo impiegato (s)	ANALISI 1 Interazione inter-gruppo statisticamente significativa per ***Figure-8 Hop test*** e ***Side Hop test*** (p < 0.02)*.

					test Questionario sulla presenza di sensazione di cedimento *(Giving Way)*			ANALISI 2 In seguito alla distinzione in FAI-GW e FAI-NGW, p = 0.01 – 0.05* per tutti i test.
Eechaute C.[22] (2009)	Cross-sectional	29 sportivi con Chronic Ankle Instability (CAI)	29 controlli sani	Indagare la possibilità di valutare il controllo posturale dinamico attraverso il multiple hop test e stimarne affidabilità e validità.	***Multiple Hop test*** *VAS – difficoltà percepita*	Frontale e Sagittale *(Multiple Hop test)*	N° errori posturali Tempo impiegato (s) VAS – difficoltà percepita	Eccellente affidabilità inter/intra-osservatore (ICC > 0.90). Peggiore performance dei soggetti con CAI rispetto ai controlli sani nel Multiple Hop test: maggior numero di errori *(p = 0.000*)*, maggior tempo impiegato (p = 0.000*) e maggiore difficoltà percepita (p = 0.014*).
Buchanan A.S.[19] (2008)	Case-control	20 soggetti sportivi con Functional Instability (FAI)	20 soggetti sani	Confrontare la performance funzionale durante due hopping test.	***Single-limb Hopping Course*** ***Single-limb Hurdle test***	Frontale e Sagittale	Tempo impiegato (s)	ANALISI 1 Nessuna differenza tra soggetti con FAI e controlli sani nell' esecuzione

					Questionario sulla presenza di sensazione di cedimento *(Giving Way-GW)*			dei test di performance (p = 0.20 e p = 0.60). ANALISI 2 Distinzione dei soggetti con instabilità in FAI-GW e FAI-NGW. Peggiore performance dei soggetti con FAI-GW rispetto ai FAI-NGW: Single-limb hopping test: p < 0.01* Single-limb hurdle test p = 0.41*
Eechaute C. [21] **(2008)**	Cross-sectional	29 soggetti sportivi con Chronic Ankle Instability (CAI)	29 controlli sani	Valutare affidabilità e validità del Multiple Hop test.	***Multiple Hop test*** *VAS – difficoltà percepita*	Frontale e Sagittale *(Multiple Hop test)*	N° errori posturali Tempo impiegato (s) VAS – difficoltà percepita	I soggetti con CAI hanno mostrato peggiori performance inter-gruppo (p = 0.000 – 0.002*) e intra-gruppo (p = 0.009 – 0.047*) in termini di

								tempo e VAS (p = 0.001 – 0.002*). Elevata affidabilità del Multiple Hop test (ICC > 0.90).
Sekir U.[15] (2007)	Experimental	24 soggetti sportivi maschi con Functional Ankle Instability (FAI)	No gruppo di controllo	Determinare l'affidabilità dei Single-limb Hopping Test utilizzati all'interno di una batteria funzionale che, in associazione, prevedeva anche la valutazione della forza muscolare, della propriocezione e del controllo sensori-motorio.	Batteria di test: *Forza muscolare (inversione/eversione)* *Propriocezione e controllo sensori-motorio (Positional sense* e *One-leg Standing test)* *Single-limb Hopping Test:* 1. ***Single-limb Hopping Course*** 2. ***Single-legged Hop for distance*** 3. ***Triple-legged Hop for distance*** 4. ***Six-meter Hop for time***	Sagittale *[2,3]* Frontale e Sagittale *[1,4,5]*	Distanza (m) *[2,3]* Tempo impiegato (s) *[1,4,5]*	Elevata affidabilità dei Single-limb Hopping Test utilizzati nella batteria di test, nel discriminare i soggetti con instabilità funzionale di caviglia: 1. ***ICC = 0.97*** 2. ***ICC = 0.97*** 3. ***ICC = 0.98*** 4. ***ICC = 0.95*** 5. ***ICC = 0.94***

					5. Cross six-meter Hop for time			

Abbreviazioni: SN,sensibilità;SP, specificità; LR(+/-), likelihood ratio; DA, accuratezza diagnostica; K,indice di concordanza (Kappa di Cohen); ICC, coefficiente di correlazione di interclasse.

**** significatività statistica: p < 0.05.***

BALANCE TEST *(Simona Carini)*

Sono stati definitivamente inclusi all'interno del nostro studio 8 articoli di cui 7 casi controllo e una review sistematica, sono stati inseriti, in ordine di pubblicazione, nella seguente tabella sinottica (Tabella 2) in cui sono sintetizzate le loro caratteristiche principali utili per gli obiettivi della tesi. Da ogni articolo sono stati estrapolati i dati relativi a: il tipo di studio, in cui viene spiegata la tipologia dell'articolo preso in esame, il campione preso in esame, tenendo conto se presente o meno il gruppo di controllo, l'obiettivo principale dello studio in cui viene descritto lo scopo dell'articolo, l'intervento che è stato effettuato sul campione, quindi evidenziare gli interventi pratici fisicamente erogati ai pazienti, le misure di outcome utilizzate per valutare il campione, inserendo esclusivamente quelle pertinenti al quesito di studio (Balance Test), e infine i risultati ottenuti.

Tabella 2 - Tabella sinottica *(Balance Test)* degli articoli inclusi nello studio in ordine di pubblicazione.

PRIMO AUTORE e ANNO	DISEGNO di STUDIO	TIPOLOGIA SOGGETTI e PATOLOGIA	TIPOLOGIA CONTROLLI	OBIETTIVI	INTERVENTO	OUTCOME UTILIZZATI *(Balance test)*	RISULTATI
Doherty C.[36] (2016)	Case-control	42 con CAI	30 sani	Quantificare il deficit di equilibrio dinamico in seguito a LAS allo scopo di valutare il rischio di andare incontro ad una instabilità cronica di caviglia (CAI)	Protocollo riabilitativo da svolgere a domicilio. FAAM (ADL e Sport)	SEBT	Nel gruppo con LAS si è riscontrato una performance inferiore rispetto al gruppo di controllo, compatibile con un deficit di equilibrio dinamico ed un maggior rischio di CAI: ANT (p = 0.01) PL (p = 0.02) PM (p = 0.01)
Doherty C.[30] (2015)	Case-control	81 facenti parte del gruppo LAS (prima distorsione laterale di caviglia nelle 2 settimane precedenti)	19 sani	Analizzare la cinematica e il COP in pazienti con LAS acuta al fine di valutare le strategie adattative subito dopo al trauma distorsivo	Ai partecipanti è stato chiesto di eseguire il test funzionale per 3 volte dopo aver ricevuto istruzioni sulle modalità di esecuzione. Per effettuare l'analisi sono stati applicati dei marker a livello di anca, ginocchio e tibiotarsica	SEBT nelle direzioni: anteriore posteromediale e posterolaterale	Nel gruppo LAS è emersa una bilaterale diminuzione della distanza raggiunta durante la performance e un deficit di equilibrio sull'arto colpito. Dallo studio si conclude che il test funzionale è un buon test valutativo che può essere utilizzato anche come mezzo riabilitativo. ANT direction: p = 0.06

							PL direction: $p = 0.20$ PM direction: $p = 0.19$
Doherty C. [35] **(2015)**	Case-control	69 con distorsione di caviglia entro i precedenti 6 mesi	20 sani	Osservare la differenza di performance tra il gruppo di partecipanti con LAS e il gruppo di controllo	Tutti i partecipanti vengono osservati e misurate le massime distanze raggiunte durante la SEBT nelle 3 direzioni: anteriore, posteromediale e posterolaterale	SEBT	Nel gruppo con LAS si è riscontrata una performance inferiore al gruppo di controllo. La direzione maggiormente deficitaria è la posterolaterale ($p = 0.001$)
Bastien M. [28] **(2014)**	Case-control	10 con episodio di LAS (LAS group)	10 sani	Valutare la validità della misura dell'MRD stimata visivamente VS la MRD calcolata con Optotrak 3D motion-capture system	I partecipanti svolgono per 8/10 settimane un protocollo fisioterapico e vengono valutati prima e dopo con la SEBT attraverso 2 metodi: 1)stima visiva che è una procedura standardizzata che permette un'osservazione diretta della MRD grazie a nastri e un marker sulla punta della scarpa; 2) Optotrak 3D motion-capture system	SEBT	I risultati ottenuti supportano la maggiore validità della stima visiva per valutare la MRD durante la SEBT. Dimostrano inoltre la capacità di questo test specifico di discriminare deficit funzionali a livello dell'articolazione tibiotarsica: M ($p = 0.03$) AM ($p = 0.001$) PM ($p = 0.04$)
Bastien M. [29] **(2014)**	Case-control	10 partecipanti con episodio acuto di LAS reclutati tra le forze militari	10 partecipanti sani reclutati tra le forze militari	Comparare le strategie utilizzate dal gruppo Las con il gruppo	I partecipanti hanno seguito un protocollo riabilitativo per 8 /10 settimane dopo di che sono stati valutati	SEBT nelle direzioni mediale posteromediale e anteromediale.	Dall'analisi dei dati si è riscontrato un bilaterale deficit di controllo motorio durante la SEBT e una diminuzione della

				controllo per quanto riguarda la massima distanza raggiunta e il mantenimento dell'equilibrio	durante SEBT. Sono stati applicati marker a livello di caviglia, ginocchio, anca, tronco e testa		distanza raggiunta sull'arto colpito nel gruppo LAS (p = 0.04)
Hoch M.C.[37] (2012)	Case-control	30 con CAI	30 sani	Osservare se ci sono differenze nella valutazione del ROM in dorsiflessione durante il WBLT e la performance durante la SEBT tra un campione di pazienti con CAI e un campione di sani	Tutti i partecipanti vengono osservati mentre svolgono i test funzionali: WBLT e SEBT	SEBT	Dai risultati ottenuti è emersa una scarsa performance durante entrambi i test funzionali nel gruppo con CAI. Suggerisce che in questi pazienti si ha un'alterazione della mobilità della caviglia che influisce negativamente sulle performance funzionali: WBLT: p = 0.058 SEBT: PM (p = 0.01) PL (p < 0.009) ANT (p = 0.067)

Clanton T.O.[38] (2012)	Review	Popolazione di atleti con pregresso trauma distorsivo TT	Non specificato	Valutare l'efficacia dei 4 test per stimare la possibilità di ritorno allo sport dopo distorsione tibiotarsica	Ricerca in letteratura di articoli che sostengano la validità o meno dei 4 test funzionali per poter ritornare all'attività sportiva: the dorsiflexion lunge test, star excursion balance test, agility T-test, e vertical jump test	Star Excursion Balance Test	I risultati emersi dalla ricerca in letteratura risultano a favore dei test presi in esame in aggiunta ad una valutazione psicologica per valutare la reale capacità di ritornare all'attività agonistica. Nello specifico i risultati riguardanti la SEBT dimostrano un'eccellente affidabilità intraesaminatore e rappresentano un'efficacie misura predittiva per lesioni all'articolazione TT
de Vries J.S.[31] (2010)	Case-control	15 con distorsione acuta di caviglia e 23 con instabilità cronica di caviglia	14 sani	Valutare la differenza di performance riguardante lo Static Balance tra pazienti sani, pazienti con distorsione acuta di caviglia e pazienti con CAI	Tutti i partecipanti sono stati valutati durante 2 tipi di test: Postural Sway test, Simple Balance test	Postural Sway test Simple Balance test	Non sono emerse significative differenze tra i tre gruppi esaminati. Il risultato ottenuto suggerisce che lo static balance non sembrerebbe un'utile misura di outcome per valutare le abilità funzionali in pazienti con distorsione di caviglia ($p <$ 0.02 – 0.03)

Legenda: *SEBT**:** Star Excursion Balance Test; LAS: Lateral Ankle Sprain; CAI: Cronic Ankle Instability; MRD: maximal reach distance; COP: centro di pressione; WBLT: Weight-Bearing Lunge Test; TT: tibio-tarsica; p: p-value; AM: anteromediale; PM: posteromediale; PL: posterolaterale; ANT: anteriore; M: mediale.*

DISCUSSIONE

Nonostante i dati epidemiologici evidenzino la rilevanza e l'elevata incidenza della distorsione di caviglia tra i soggetti sportivi, con conseguenti prolungati periodi di assenza dall'attività agonistica e alto rischio di recidiva, la letteratura scientifica riguardante la valutazione di tale distretto risulta particolarmente carente.

La valutazione è un elemento *trasversale*, costantemente presente nel processo di recupero dell'atleta, che permette di identificare gli obiettivi di trattamento, di confrontare lo status dell'individuo nelle varie fasi del percorso riabilitativo, di avere un aggiornamento in tempo reale sull'efficacia e sull'appropriatezza delle tecniche impiegate e, infine, di oggettivare l'entità del recupero.

Consapevole dell'importanza che la valutazione riveste nel processo riabilitativo, la letteratura scientifica negli anni si è concentrata principalmente sulle scale di valutazione, nel tentativo di identificare quelle con le migliori caratteristiche psicometriche e con la maggiore affidabilità diagnostica e/o discriminativa, prestando molto meno interesse ai test funzionali di performance. Come si può evincere dalle date di pubblicazione degli articoli inclusi nella tesi (2007 – 2016), soltanto nell'ultimo decennio questo interesse è aumentato e si sono intensificate le ricerche sull'affidabilità e sulla capacità valutativa dei Single-limb Hopping Test e dei Balance Test.

I diciannove articoli esaminati hanno il comune obiettivo di indagare le capacità valutative e discriminative dei Single-limb Hopping Test e dei Balance Test negli sportivi che hanno subito una distorsione tibio-tarsica. Si basano, pertanto, sul razionale che i soggetti che presentano un'instabilità residua, sia essa meccanica o funzionale, dovrebbero far registrare performance peggiori nell'esecuzione di tali test rispetto ai soggetti sani, anche se a volte tale aspettativa viene disattesa.

SINGLE-LIMB HOPPING TEST *(Simone De Luca)*

Tipologia del campione di studio

Gli studi inclusi nella revisione presentano dei campioni notevolmente limitati, da un minimo di 24 soggetti nello studio di *Sekir et al.*[15] a un massimo di 86 in quello di *Witchalls et al.*[16].

In tutti gli articoli esaminati, la popolazione di studio era composta rigorosamente da giovani sportivi (età compresa tra 18,5 e 24 anni), indipendentemente dalla tipologia e dal livello di attività praticata: pertanto sono stati considerati sia gli atleti professionisti che quelli amatoriali (almeno 1,5 ore di attività fisica/settimana). [11,13,15,17]

I criteri di inclusione, oltre all'attività fisica, prevedevano la presenza in anamnesi di una distorsione tibio-tarsica di entità moderata–severa associata a sensazione di instabilità[11,13,17,18,19,20,21,22], deficit funzionali ed episodi ricorrenti (2-3volte/anno)[11,17] non oltre i 3-6 mesi dall'esecuzione dei test per evitare un'alterazione dei risultati a causa di una sintomatologia acuta.[13,22] Di fatto sono stati esclusi i soggetti che presentavano una distorsione tibio-tarsica in fase acuta, impairments in altri distretti dell'arto inferiore, fratture e precedenti trattamenti riabilitativi e/o chirurgici.

Il gruppo di controllo, per gli studi che lo prevedevano, era costituito da soggetti sportivi sani: assenza in anamnesi di distorsioni tibio-tarsiche, impairments agli arti inferiori, fratture e interventi chirurgici.[11,13,17,18,19,20,21,22,23]

In conclusione, i campioni di studio degli undici articoli esaminati sono risultati omogenei sia per le caratteristiche dei soggetti che per la tipologia e fase della patologia (instabilità cronica conseguente ad episodio distorsivo traumatico della tibio-tarsica). La stessa omogeneità può essere riscontrata anche nei criteri di inclusione ed esclusione, che, sebbene con alcune differenze, sono risultati simili nella maggior parte degli studi.

Tipologie di Single-limb Hopping Test

In letteratura vengono riportate numerose tipologie di Hopping test, infatti, dall'analisi degli articoli inclusi nella tesi è stato possibile identificarne ben tredici: *Single-legged hop for distance*[13,15,16,23], *6-meter hop for time*[15], *Triple hop for distance*[15], *Side hop test*[13,17,18,23], *Figure-8 hop test*[13,17,18,23], *Multiple hop test*[11,20,21,22], *Hexagon hop test*[16], *Square hop test*[18,23], *Hop and hold test*[16], *Single-limb hopping course*[15,19,23], *Single-limb hurdle test*[19,23], *Triple crossover hop for distance*[13] e *6-meter crossover hop test*[15,18].
Mentre rimandiamo la descrizione delle modalità esecutive dei singoli test nell'appendice al termine della tesi, possiamo dividere i test in base a due parametri di differenziazione: il piano di movimento sul quale viene eseguita la performance di salto e la tipologia delle variabili utilizzate come misura di outcome.

Considerando il *piano di movimento*, gli hopping test analizzati possono essere distinti in tre differenti categorie *(Tabella 3)*: quelli che richiedono una performance sul piano sagittale, quelli che richiedono l'esecuzione di salti sul piano frontale e quelli che combinano tra loro i due piani di movimento *(frontale* e *sagittale).*

Tabella 3 - Classificazione dei Single-limb Hopping Test in base al piano di movimento.

Piano Sagittale	***Piano Frontale***	***Multiplanari***
Single-legged Hop for Distance *Six-meter Hop for Time* *Triple Hop for Distance*	*Side Hop Test*	*Figure-8 Hop Test* *Multiple Hop Test* *Hexagon Hop Test* *Square Hop Test* *Hop and Hold Test* *Single-limb Hopping Course* *Single-limb Hurdle Test* *Triple-Crossover Hop for Distance* *Six-meter Crossover Hop Test*

La tabella mette in evidenza come la maggior parte dei test di salto implichi il coinvolgimento di più piani contemporaneamente per permettere di valutare l'atleta in una situazione quanto più simile a quella reale di gioco, in cui i movimenti difficilmente si realizzano su un unico piano di movimento.
Gli autori, infatti, nei loro studi, non si sono limitati ad indagare un solo piano di movimento, ma attraverso l'utilizzo di diverse tipologie di test, hanno valutato la performance in almeno due piani: sagittale[13,15,16,23] e/o frontale[13,17,18,23] in aggiunta ai test multiplanari.[11,19,20,21,22]

Le *variabili di outcome* principalmente utilizzate nei Single-limb Hopping Test sono il tempo impiegato a completare la performance di salto e la distanza percorsa con uno o più salti a seconda della tipologia del test somministrato. *Witchalls et al.*[16] sono gli unici che analizzando l'*Hexagon Hop Test* e *l'Hop and Hold Test* propongono come variabile quantitativa il numero di salti eseguiti correttamente, cioè senza entrare in contatto con le linee che delimitano il percorso. Altri autori[11,20,21,22], invece, nel Multiple Hop Test prevedono l'utilizzo di una duplice misura di outcome; in aggiunta alla variabile quantitativa (Tempo) vengono utilizzate misure qualitative: il numero degli errori posturali, analizzati attraverso l'ausilio di videoregistrazioni, e la presenza o meno di una sensazione di cedimento articolare, rilevata mediante la compilazione di una scala visuo-analogica.
La tipologia di variabile considerata è un parametro che è in grado di influenzare in maniera indiretta il tipo di performance. Infatti, benché i test funzionali nascano per valutare delle specifiche abilità (salto, equilibrio ecc.) inevitabilmente vengono influenzati da tutte le altre. Pertanto, qualora la performance preveda come unità di misura il tempo impiegato a completare il test, oltre alla capacità di salto del soggetto ne viene valutata indirettamente anche l'agilità, mentre se si considera la distanza percorsa, ad essere valutata è principalmente la forza esplosiva. A tal proposito c'è consenso in letteratura sulle migliori capacità valutative dei test di agilità rispetto a quelli di forza.[24,25,26]
Pertanto, i Single-limb Hopping Test sono strumenti valutativi nei quali intervengono molteplici variabili che, in base al contesto clinico e alle differenti richieste

funzionali, modificano il proprio peso specifico nella scelta della tipologia di test più appropriata.

Procedure e modalità di applicazione

Le diverse tipologie di *Single-limb Hopping Test* utilizzate negli articoli analizzati presentano la comune caratteristica di essere impiegate come strumento valutativo in una fase cronica della patologia: instabilità cronica[13,17,20,21,22], funzionale[11,15,18,19,23] o meccanica[16] post-distorsione tibio-tarsica.

La motivazione di tale impiego nel lungo termine risiede sia nella natura traumatica della distorsione tibio-tarsica che rende difficoltoso o addirittura impossibile il carico nei primi giorni dopo l'infortunio, sia nelle elevate richieste funzionali di questi test.

Infatti, proprio per la loro caratteristica di essere estremamente performanti, questi test spesso sono quasi esclusivamente appannaggio della popolazione sportiva, sia atleti professionisti che amatoriali, in quanto richiedono spiccate abilità funzionali che talvolta esulano dalle normali attività della vita quotidiana.

Gli undici articoli esaminati, oltre a differire tra loro per la tipologia di Hopping test analizzati, risultano eterogenei anche dal punto di vista procedurale nell'applicazione dei singoli test. Ad esempio, nello studio di *Linens et al.*[17], vengono descritte le modalità di esecuzione del Balance Error Scoring System (prima di eseguire il test, il soggetto ha a disposizione un tentativo di prova per ognuno dei 6 test che compongono il BESS, intervallati da 30 secondi di riposo) e dello Star Excursion Balance Test (quattro tentativi di prova per ognuna delle 3 direzioni per familiarizzare con la performance richiesta; dopo 5 minuti di pausa il soggetto esegue 3 prove per ogni direzione), mentre per gli Hopping test vengono totalmente tralasciate e viene riportata in breve soltanto la descrizione dei test, così come negli articoli di *Witchalls*[16] e *Groters*[11].

Per il Multiple Hop Test, invece, è stato possibile individuare un protocollo pre-test comune negli articoli di *Eechaute et al.*[20,21,22], che prevede che siano fornite al soggetto adeguate informazioni verbali e visive sulle modalità di esecuzione del test

e successivamente due tentativi di prova, uno per ogni arto inferiore. Nel protocollo di *Eechaute*[20,21,22] , però, non vengono specificate le modalità e i tempi per la fase di riscaldamento (warm-up).

Altri autori[13,15,18,19,23], invece, sembrano concordare sull'utilizzo di protocolli pre-test che prevedono una fase di warm-up di durata variabile dai 5 ai 10 minuti, eseguita prevalentemente su cyclette ad intensità moderata (punteggio di 11-12/20 della scala di Borg per la fatica) e, successivamente, l'esecuzione di tentativi di prova che permettano al soggetto di familiarizzare con le richieste funzionali dei singoli test prima di procedere alle performance valutative. I dati in letteratura riguardanti il numero di simulazioni a disposizione dell'atleta sono molto discordanti: si va da un solo tentativo[20,21,22] fino a tre o più[13,18,19,23], a seconda del tipo di test utilizzato.

Nella fase di screening pre-test, alcuni studi[11,18,19,23] hanno previsto anche l'identificazione dell'arto dominante, valutata come la preferenza di lato per calciare un pallone, benché, dai risultati sia emerso che tale variabile non influenzi significativamente la performance funzionale nei Single-limb Hopping test.[11,18,19,23,25]

Affidabilità dei test

L'analisi degli undici studi inclusi nella tesi, ha mostrato risultati abbastanza eterogenei sull'affidabilità dei vari Single-limb hopping test.

Alcuni studi [13,15,16,17,18,23] concordano con quanto evidenziato dalle precedenti ricerche di *Suda E.*[27] e *Docherty C.*[24], le quali sostengono che i maggiori deficit funzionali in seguito a distorsione tibio-tarsica, si registrano sui piani frontale e trasversale, mentre non sembrano esserci differenze di performance tra soggetti instabili ed individui sani durante le attività sagittali. Questo sembra essere legato principalmente al dato pato-anatomico, per cui una lesione e/o una lassità delle strutture legamentose laterali e/o mediali predispone ad una maggiore instabilità durante i movimenti sul piano frontale poiché, in essi, lo stress a carico di tali strutture è massimale.[23,24,27]

Il Single-legged Hop for Distance, infatti, pur mostrando una buona affidabilità (ICC = 0.43 – 0.97)[13,15,23] è risultato statisticamente significativo soltanto in uno studio sull'instabilità meccanica di caviglia ($p = 0.001$)[16], mentre *Sharma*[23] e *Wikstrom*[13] concordano sulla sua scarsa utilità valutativa ($p > 0.05$). Al contrario, il Side Hop Test ha mostrato differenze inter-gruppo statisticamente significative nel discriminare i soggetti con instabilità funzionale di caviglia con un *p*-value compreso tra 0.006 e 0.05.[17,18,23] La ricerca di *Linens et al.*[17], inoltre, ha permesso di identificare anche un punteggio di *cut-off* per questo test frontale (≥ 12,88 secondi) utile per discriminare facilmente e in maniera diretta gli atleti con instabilità tibio-tarsica da quelli sani. L'utilità diagnostica del Side Hop test nella pratica clinica è ulteriormente confermata dai buoni valori di predittività identificati (Likelihood Ratio: LR+ = 3.67 e LR– = 0.43)[17].

Un'ulteriore conferma a sostegno di questa tendenza è fornita dall'analisi degli hopping test multiplanari. Infatti negli undici studi analizzati tutti i Single-limb Hopping test che richiedono performance su più piani di movimento hanno mostrato buone capacità discriminative, ad eccezione del Hop and Hold test per cui non sono state individuate differenze inter-gruppo statisticamente significative tra soggetti instabili e soggetti sani ($p = 0.135$).[16]

Tra i test multiplanari, quelli ad essere maggiormente studiati in letteratura sono il Figure-8 Hop Test[13,17,18,23] e il Multiple Hop Test.[11,20,21,22] Entrambi hanno mostrato ottime proprietà discriminative (rispettivamente $p = 0.02$ - 0.04 e $p = 0.000$ – 0.002) ed elevati valori di affidabilità (ICC = 0.95 e ICC = 0.84 – 0.96 rispettivamente).

Sharma[23] e *Linens*[17] nei loro studi hanno approfondito l'analisi del Figure-8 Hop test calcolandone i valori di predittività (Likelihood Ratio: LR+ = 4.00 e LR– = 0.60) e di affidabilità (ICC = 0.95) e, come per il Side Hop Test, è stato individuato un punteggio di *cut-off* (≥ 17,36 secondi) per la discriminazione tra soggetti sani e instabili. *Eechaute et al.*[20] nei suoi studi riguardanti esclusivamente le proprietà psicometriche del Multiple Hop Test, oltre all'affidabilità, ha identificato anche i valori di Sensibilità e Specificità (Sn = 0.86 e Sp = 0.79), i parametri di predittività (Likelihood Ratio: LR+ = 4.2 e LR– = 0.17) e l'accuratezza diagnostica (DA = 0.83).

Gli altri Hopping test multiplanari analizzati (Square Hop test, Single-limb Hopping Course, Single-Limb Hurdle test) hanno mostrato elevati valori di affidabilità (ICCs = 0.90 – 0.97) e buone capacità nel discriminare i soggetti con instabilità funzionale di caviglia rispetto ai controlli sani ($p < 0.05$).[15,18,19,23]. In particolare il Single-limb Hopping Course ha fatto registrare dei risultati migliori, in seguito all'ulteriore distinzione degli atleti con instabilità tibio-tarsica in base alla percezione di sensazione di cedimento articolare da parte del soggetto stesso durante l'esecuzione del test ($p = 0.01$).[19]

I risultati emersi dall'analisi delle capacità discriminative del Six-meter Crossover Hop Test ($p = 0.01$ e ICC = 0.94)[15,18] e del Triple Crossover Hop for Distance ($p > 0.05$)[13] sono in linea con quanto evidenziato da precedenti studi[24,26,25] e cioè che i Single-limb hopping test che valutano l'agilità utilizzando come misura di outcome il tempo impiegato, presentano migliori parametri di affidabilità e capacità discriminativa rispetto a quelli che, utilizzando la distanza percorsa, valutano indirettamente la forza esplosiva del soggetto.

Dall'analisi della letteratura disponibile, se ne deduce che i migliori test di salto sono quelli che indagano l'agilità del soggetto con performance sul piano frontale o su più piani contemporaneamente.

In appendice alla fine della tesi si riporta una tabella con le caratteristiche psicometriche e le differenze inter-gruppo dei tredici Single-limb Hopping Test analizzati per una visione più schematica e diretta dei risultati emersi nei rispettivi studi.

Batteria di test

Nonostante l'elevata affidabilità e accuratezza che è stata registrata per alcuni test, nella pratica clinica potrebbe rivelarsi utile disporre di una batteria di test che permetta di ottenere una valutazione più completa e accurata delle abilità funzionali del soggetto.

Wikstrom et al.[13] nel loro studio hanno sottolineato la rilevanza clinica dello sviluppo di una batteria di test per l'instabilità cronica di caviglia, considerata la principale causa, oltre che di distorsioni recidivanti anche di patologie articolari post-traumatiche (osteoartrosi).

Lo studio di *Sekir et al.*[15] è l'unico presente in letteratura ad aver indagato l'affidabilità di una batteria di test funzionali. La batteria proposta dagli autori, oltre a 6 test di salto (*Single-limb Hopping Course*, *Single legged*/*Triple Legged Hop for distance* e *Six-meter/Cross-Six-meter Hop for time*), prevedeva anche la valutazione della forza muscolare in inversione/eversione, della propriocezione e del controllo senso-motorio (*Ankle Joint Position Sense* e *One Leg Standing test*).

Gli elevati valori di affidabilità registrati *(Tabella 4)* nella valutazione della forza muscolare (ICCs = 0.82 – 0.98), nella propriocezione/controllo motorio (ICCs = 0.94 – 0.98) e nei test funzionali (ICCs = 0.94 – 0.98), fanno di questa batteria un utile e affidabile strumento valutativo a disposizione del clinico per quantificare lo stato funzionale dell'atleta con instabilità funzionale di caviglia.

Nonostante l'estrema eterogeneità delle abilità motorie richieste dai vari sport renda difficoltosa la definizione di una batteria di test standardizzata, in generale è possibile affermare che l'utilizzo in combinazione di più test funzionali permette di ottenere un ampio pool di informazioni in grado di supportare il clinico nella definizione del momento più opportuno per garantire all'atleta un sicuro ritorno all'attività sportiva.

Tabella 4 - Affidabilità dei test funzionali inclusi nella batteria di Sekir[15].

HOPPING TEST	ICC
Triple Legged Hop for Distance	0.98
Single legged Hop for Distance	0.97
Single Limb Hopping Course	0.97
Six-meter Hop for Time	0.95
Cross-Six-meter Hop for Time	0.94

ICC: Interclass correlation coefficient

BALANCE TEST *(Simona Carini)*

Tipologia del campione di studio

I campioni degli studi presi in esame sono costituiti da un numero piuttosto ridotto di soggetti che va da un minimo di 10 nello studio di *Bastien*[28,29] ad un massimo di 81 soggetti[30] selezionati tra sportivi agonisti e amatoriali.
I criteri di inclusione previsti erano la presenza di un trauma distorsivo all'articolazione tibiotarsica, sia come primo e unico episodio, sia pregresso e recidivo in modo tale da includere all'interno dello studio anche articoli che prendevano in esame pazienti con quadri di instabilità cronica di caviglia (CAI).
Sono stati esclusi dallo studio campioni con qualsiasi tipo di frattura al distretto caviglia-piede e campioni trattati chirurgicamente.
Il gruppo di controllo era costituito in tutti gli studi inclusi da una popolazione di soggetti sani senza alcuna storia di distorsione alla caviglia o altri impairment a livello degli arti inferiori in modo tale da evitare di alterare i risultati emersi dal confronto.

Tipologie di Balance Test

In letteratura sono descritte diverse tipologie di Balance Test, dall'analisi dei risultati ottenuti si è individuato che i test funzionali maggiormente utilizzati come misura di outcome sono: Postural Sway Test[31], Simple Balance Test[31], SEBT[28,29,30,35,36,38].
La valutazione riguardante questi test è una valutazione di performance, non vengono valutate quindi le variabili forza muscolare[32,33] e tempo impiegato[33] ma solamente il corretto svolgimento della prova; in merito a ciò ci aspettiamo una performance peggiore dei campioni presi in esame rispetto ai sani.
La descrizione dei singoli test è riportata nell'Appendice 3.

Procedure e modalità di applicazione

Un altro criterio di inclusione utilizzato è stato inserire solamente articoli che prevedevano l'utilizzo dei Balance Test come misura di outcome e non che li utilizzavano come strumento riabilitativo.
Tra gli 8 studi inclusi si possono osservare diverse modalità di somministrazione dei vari test. In relazione alla scelta del test da utilizzare in alcuni era prevista una precedente spiegazione accurata dello svolgimento e una breve sessione di warm-up [30,31,32,34] mentre per altri il test valutativo veniva erogato simultaneamente alla spiegazione dello svolgimento.[28,29,30,35,36]

Facendo riferimento agli studi che prendono in esame lo SEBT si osserva inoltre che delle 8 direzioni a disposizione vengono valutate in 6 studi la posteromediale, posterolaterale e anteriore[30,35,36,37,38] mentre nello studio di *Bastien*[29] vengono prese in esame le massime distanze raggiunte nelle direzioni anteromediale, mediale e posteromediale. L'analisi in letteratura ha portato risultati interessanti in merito alla molteplicità di impieghi di questo test funzionale legati alla valutazione di precisi interventi su pazienti con distorsione tibiotarsica; si evince infatti che attraverso lo SEBT è stato possibile osservare la differenza di performance prima e dopo il protocollo di rinforzo muscolare ottenendo un'esecuzione migliore nel gruppo che ha effettuato il workout[32,39], è stato inoltre possibile effettuare la stessa valutazione prima e dopo training propriocettivo di varie durate e come negli studi precedenti utilizzando lo SEBT come misura di outcome si è potuto constatare un miglioramento nello svolgimento del test.[40,41,42] Un altro dato interessante è stato quello di poter osservare la differenza di reclutamento muscolare dei principali muscoli dell'arto inferiore in pazienti sani rispetto a pazienti con LAS, in questi ultimi si è evidenziato deficit nel reclutamento suggerendo che in pazienti con distorsione TT si possono individuare alterazioni dal punto di vista neuromuscolare[32]; infine è stato possibile associare una performance qualitativamente inferiore ad un deficit del DFROM in pazienti con CAI[37,43,44] . A tal proposito è stato utilizzato il WBLT, che nasce come test funzionale per la

valutazione del ROM articolare della tibiotarsica, in questo caso appositamente modificato (il paziente esegue il test in carico monopodalico) per evidenziare la correlazione tra deficit di ROM e performance qualitativamente inferiore durante lo SEBT.

Affidabilità dei test

Dall'analisi degli 8 studi inclusi nel nostro lavoro i risultati riguardanti l'affidabilità dei test risulta essere piuttosto eterogenea.

I test utilizzati nello studio di *de Vries JS*[31] (Postural Sway Test, Simple Balance Test) risultano avere un'affidabilità statisticamente rilevante ($p < 0.02 – 0.03$). Nello studio di *M.C. Hoch*[37] in cui vengono utilizzati sia il WBLT che lo SEBT l'affidabilità risulta essere buona per il primo test ($p = 0.058$) mentre per il secondo la validità statistica è riscontrata solamente nella direzione posteromediale ($p = 0.010$) e posterolaterale ($p < 0.009$) rispetto all'anteriore ($p = 0.067$).

Prendendo in esame solamente l'affidabilità pertinente allo SEBT si può osservare come anche nello studio di *Doherty C*[30], la direzione con minore rilevanza statistica sia di nuovo l'anteriore ($p = 0.61$), contrariamente alla posterolaterale ($p = 0.07$) e alla posteromediale ($p = 0.01$). Nello studio invece di *Bastien*[28] in cui analizza solamente lo SEBT si sono ottenuti ottimi dati relativi all'affidabilità: direzione mediale ($p = 0.03$), anteromediale ($p = 0.001$) e posteromediale ($p = 0.04$); infine anche nell'ultimo studio di *Doherty C*[36] l'analisi statistica dell'affidabilità ha portato risultati più che buoni nella direzione anteriore ($p = 0.01$) posterolaterale ($p = 0.02$) e posteromediale ($p = 0.01$).

I risultati ottenuti attraverso l'analisi statistica degli studi inclusi indicano lo SEBT come il test diagnostico-funzionale non strumentale più adatto ai clinici per valutare disfunzioni all'articolazione TT e più nello specifico riconoscono nelle direzioni anteriore, posterolaterale e posteromediale le maggiormente utilizzate per una buona valutazione dell'articolazione TT in seguito a traumi distorsivi.

LIMITI *(Simone De Luca; Simona Carini)*

Uno dei principali ostacoli alla stesura della tesi è rappresentato dalla scarsa letteratura a disposizione sull'argomento preso in esame. Il recente interesse ad indagare in maniera più specifica le proprietà psicometriche dei Single-limb Hopping Test e Balance Test è la causa del ristretto numero di articoli disponibili e della mancanza, riguardo gli hopping Test, di revisioni sistematiche e metanalisi.

I singoli studi, oltre a presentare dei campioni esigui dal punto di vista numerico (al massimo 86 soggetti nello studio di *Witchalls et al.*[16]), riportano risultati contrastanti.

La motivazione di questa eterogeneità di risultati risiede nelle numerose variabili soggettive che caratterizzano la pratica clinica e nella trasversalità dei test funzionali. Infatti, benché i Single-limb Hopping Test nascano per valutare l'abilità di salto su vari piani di movimento, inevitabilmente il loro risultato viene influenzato dalle condizioni dell'intero arto inferiore e da altri parametri, quali, ad esempio, agilità, forza ecc. Questo è tanto più vero se vengono presi in esame i Balance Test per i quali gli autori utilizzano principalmente delle misure di outcome qualitative (corretta esecuzione del test), tralasciando l'analisi quantitativa della performance (forza muscolare, tempo impiegato ecc). Tale *valutazione di performance*, non permettendo una standardizzazione delle suddette variabili, rappresenta la principale causa dell'eterogeneità di risultati relativi ai Balance Test e della mancanza di consenso tra i diversi autori.

Inoltre, la mancanza di una precisa classificazione delle differenti tipologie di instabilità, la varietà di impairments anatomici e/o fisiologici che contribuiscono a tale quadro clinico e l'eterogeneità delle abilità richieste dai singoli sport, rappresentano un ostacolo sia alla definizione dei parametri di affidabilità dei test, sia all'individuazione di una specifica batteria di test applicabile trasversalmente nei differenti contesti clinici.

PROSPETTIVE FUTURE *(Simone De Luca; Simona Carini)*

Alla luce delle numerose variabili che intervengono nella valutazione dello stato funzionale dell'atleta con distorsione tibio-tarsica e dell'utilità fatta registrare dall'utilizzo di batterie di test[15], è auspicabile che le future ricerche non si limitino ad analizzare l'affidabilità di un singolo strumento valutativo, ma indaghino la possibile integrazione dei risultati dei Single-limb Hopping Test e dei Balance Test con i punteggi emersi da altri test funzionali, scale di valutazione e/o questionari auto-compilati, al fine di incrementare ulteriormente le capacità diagnostiche e discriminative dei singoli test e di pervenire ad uno strumento di valutazione quanto più completo, multidimensionale e trasversale.

CONCLUSIONI

Dall'analisi degli articoli inclusi nella tesi è emerso un generale consenso sull'importanza dei test funzionali (Single-limb Hopping Test e Balance Test) nel processo valutativo dell'atleta al fine di poter garantire un sicuro ritorno all'attività sportiva. Soltanto *Wikstrom*[13] si pone in disaccordo con tale affermazione sostenendo che gli Hopping Test da lui esaminati non rappresentavano uno strumento valutativo appropriato per identificare i soggetti con instabilità cronica di caviglia (ICCs = 0.21 – 0.43).

In letteratura, benché gli studi analizzati prendano in considerazione differenti tipologie di test funzionali e presentino un campione di studio abbastanza limitato, sembra esserci consenso sull'eccellente affidabilità intra-esaminatore dello Star Excursion Balance Test che pertanto rappresenta un'efficace misura predittiva per le lesioni dell'articolazione tibio-tarsica.[3] Al contempo, i Single-limb Hopping Test che hanno mostrato la maggiore affidabilità e le migliori caratteristiche psicometriche sono quelli che richiedono all'atleta una performance sul piano frontale, o su più piani contemporaneamente, e che utilizzano il tempo come misura di outcome, indagando in tal modo l'agilità nell'eseguire il test piuttosto che la forza esplosiva.

Alla luce della complessità e della multidimensionalità del processo valutativo, sarebbe utile disporre di batterie di test che siano in grado di indagare molteplici aspetti e di fornire il maggior numero di informazioni. Alcuni studi[11,18,19,20,21,23] hanno già mosso i primi passi in questa direzione, prevedendo oltre all'esecuzione dei vari test di performance, anche la successiva compilazione di un questionario o di una scala visuo-analogica (VAS), al fine di indagare il livello di difficoltà percepito dal soggetto [11,20,21] o la presenza di sensazione di cedimento e/o instabilità della caviglia durante i task di salto. [18,19,23]

KEY POINTS

- La definizione del momento adeguato per un sicuro ritorno all'attività sportiva dopo distorsione tibio-tarsica è il risultato di un complesso processo decisionale nel quale entrano in gioco numerose variabili che, pertanto, richiedono una valutazione quanto più completa, multidimensionale e trasversale delle abilità e dello status funzionale dell'atleta.

- Dall'analisi della letteratura si evince che i Single-limb Hopping Test rappresentano uno strumento valutativo in grado di identificare, seppur con differenti valori di affidabilità e accuratezza diagnostica, i deficit funzionali che caratterizzano i soggetti con instabilità cronica e/o funzionale di caviglia. Gli Hopping test con le migliori caratteristiche psicometriche e capacità discriminative sono quelli che richiedono una performance sul piano frontale o su più piani contemporaneamente e che utilizzano il tempo come misura di outcome, valutando in tal modo anche l'agilità dell'atleta.

- Dai risultati ottenuti in seguito alla ricerca in letteratura si può affermare che i Balance Test sono un ottimo mezzo valutativo e che nello specifico lo Star Excursion Balance Test è risultato avere eccellenti qualità tali per cui è considerato un'eccellente misura predittiva per le lesioni dell'articolazione tibio-tarsica in grado di individuare disabilità funzionali nell'atleta.

- L'utilizzo di batterie di test funzionali ha prodotto ottimi risultati in termini sia di affidabilità che di capacità diagnostica, pertanto la ricerca dovrebbe muoversi in tal senso cercando di integrare i risultati dei test funzionali con quelli delle scale di valutazione al fine di pervenire ad uno strumento valutativo più completo e multidimensionale.

APPENDICE 1 *(Simone De Luca)*

Modalità di esecuzione dei Single-limb Hopping Test

Si riporta di seguito l'elenco completo dei Single-limb Hopping Test analizzati nella tesi con la descrizione delle principali caratteristiche e delle modalità di esecuzione dei singoli test.

Single-legged Hop for distance [13,15,16,23]

Piano di movimento: Sagittale
Outcome: Distanza
Esecuzione: Ai soggetti viene chiesto di eseguire un unico salto con l'arto da valutare cercando di coprire la maggior distanza possibile. Viene misurata la distanza tra gli alluci nelle due posizioni di partenza e di arrivo[16,23].

Figura 1 - Single-legged Hop for Distance

6-meter Hop for time [15]

Piano di movimento: Sagittale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede l'esecuzione di salti monopodalici lungo un percorso di 6 metri nel piano sagittale. Al soggetto viene richiesto di ripetere il test due volte cercando di impiegare il minor tempo possibile. Il punteggio finale viene calcolato come il tempo medio dei due tentativi.

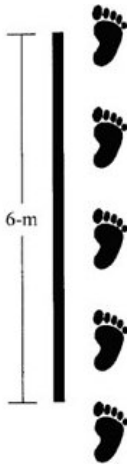


Figura 2 - Six-meter Hop for Time

Triple Hop for distance [15]

Piano di movimento: Sagittale

Outcome: Distanza

Esecuzione: Il test prevede l'esecuzione di tre salti mononopodalici sul piano sagittale. Si misura la distanza percorsa tra la posizione di partenza e quella di arrivo. Il test viene eseguito due volte e il punteggio finale è calcolato come la media delle distanze rilevate nelle due prove.

Figura 3 - Triple Hop for Distance

Side Hop test [13,17,18,23]

Piano di movimento: Frontale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede un salto laterale di almeno 30 centimetri con l'arto da valutare e un salto di ritorno alla posizione di partenza. Viene registrato il tempo impiegato dal soggetto a realizzare 10 ripetizioni.

In caso di caduta, appoggio del piede controlaterale o errore nel salto (< 30 cm), il tentativo viene considerato nullo e fatto ripetere.

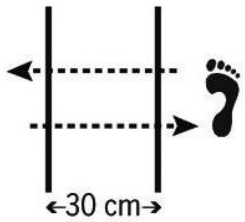


Figura 4 - Side Hop Test

Figure-8 Hop test [13,17,18,23]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede un percorso di 5 metri a forma di otto delimitato da due coni. Il soggetto deve completare il percorso per due volte nel minor tempo possibile saltando su un solo arto. In caso di errori di traiettoria, caduta e/o appoggio del piede controlaterale il tentativo viene fatto ripetere poiché considerato non accettabile.

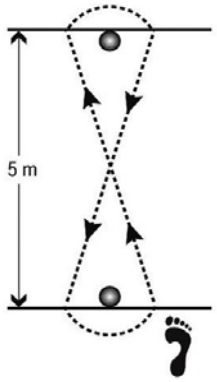


Figura 5 - Figure-8 Hop Test

Multiple Hop test [11,20,21,22]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Numero degli errori posturali (scala da 0 a 30; valutati con l'ausilio di videoregistrazioni), tempo impiegato e difficoltà percepita dal soggetto, (scala VAS 100-mm: da "nessuna difficoltà" ad "impossibile").

Esecuzione: Il test è costituito da un percorso di undici quadrati (2 x 2 cm) disegnati a terra con del tape anelastico. Ai soggetti viene chiesto di saltare in sequenza sui vari quadrati con l'arto da valutare, cercando di mantenere l'equilibrio sia durante la fase di salto che in quella di atterraggio. Per procedere al salto successivo è necessario che il soggetto abbia raggiunto la stessa stabilità e postura di partenza

(mani posizionate sulle creste iliache, gamba da testare estesa col piede orientato in avanti e gamba controlaterale in flessione di anca e ginocchio).

Prima di iniziare il test il soggetto ha a disposizione dei tentativi di prova per entrambi gli arti inferiori e, successivamente, esegue il test tre volte intervallate da pause di 3 minuti.

Ogni tentativo comprende l'esecuzione del test con entrambi gli arti inferiori con una pausa di 30 secondi tra le due performance.

Quando il test viene eseguito con il piede destro il soggetto inizia saltando a destra e viceversa per il piede sinistro.

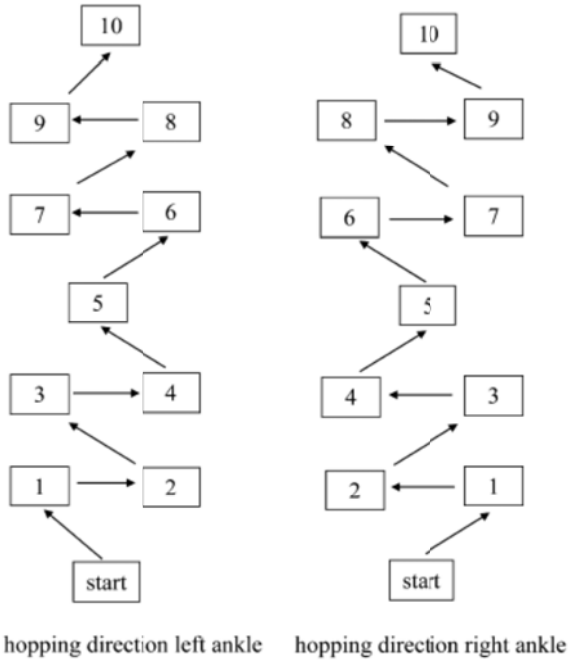


Figura 6 - Multiple Hop Test

Hexagon Hop test [16]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Numero di salti eseguiti correttamente (senza toccare i lati dell'esagono e tornando di volta in volta nella posizione di partenza all'interno del cerchio).

Esecuzione: Questo test prevede un esagono (lato 60 cm) disegnato a terra, con all'interno un cerchio di 40 cm di diametro. Il soggetto si posiziona all'interno del cerchio e, con l'arto da valutare, esegue dei salti fuori e dentro l'esagono in senso orario per ciascun lato mantenendo lo sguardo fisso di fronte a sé.
Il test ha una durata di 10 secondi e poi viene ripetuto nell'altra direzione (senso antiorario). Il punteggio finale viene calcolato come la somma dei salti eseguiti correttamente nell'una e nell'altra direzione.

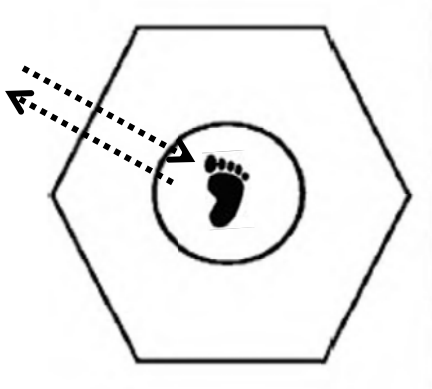


Figura 7 - Hexagon Hop Test

Square Hop test [18,23]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale
Outcome: Tempo
Esecuzione: Lo Square Hop test è costituito da un quadrato (40 x 40 cm) disegnato a terra con il tape anelastico. Partendo all'esterno della figura, i soggetti devono saltare in successione dentro e fuori dal quadrato completando cinque ripetizioni nel minor tempo possibile. Ogni ripetizione prevede dei salti in successione fino a tornare alla posizione di partenza percorrendo il quadrato in senso orario (gamba destra) o in senso antiorario (gamba sinistra).

In caso di caduta, appoggio del piede controlaterale, contatto del piede con il bordo del quadrato e/o errore di direzione, il tentativo viene fatto ripetere in quanto considerato non accettabile.

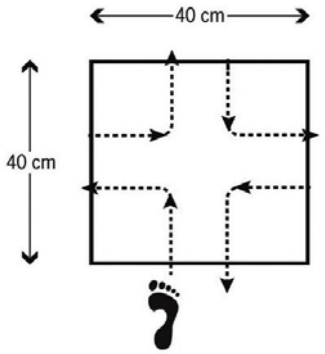


Figura 8 - Square Hop Test

Hop and Hold test [16]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale
Outcome: Numero di salti eseguiti correttamente
Esecuzione: Questo test, ideato da *Phillip Newman*[16], prevede una figura a Y capovolta, i cui angoli hanno un'ampiezza di 120°. Il soggetto si trova al centro della figura con il piede da valutare allineato con uno dei bracci della Y ed esegue poi dei salti verticali atterrando in allineamento con i successivi bracci della Y. Tra un salto e l'altro il soggetto deve stabilizzarsi in un tempo massimo di 2 secondi. Il test completo prevede sei salti in senso orario (due giri completi) e sei salti in senso antiorario e il punteggio finale è ottenuto sommando i salti eseguiti correttamente.

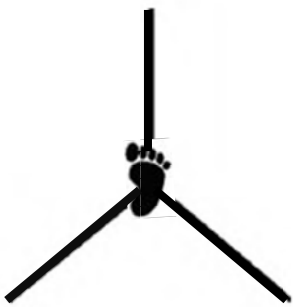


Figura 9 - Hop and Hold Test

Single-limb Hopping course [15,19,23]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede un percorso di 8 quadranti (33,02 cm x 33,02 cm) disposti in due file da 4. In ogni fila il primo e l'ultimo quadrante sono piani, mentre quelli centrali presentano un'inclinazione di 15° su diversi piani: nella prima fila l'inclinazione è sul piano sagittale (inclinazione e declinazione), mentre nella seconda è laterale sul piano frontale.

Al soggetto viene chiesto di completare il percorso nel minor tempo possibile.

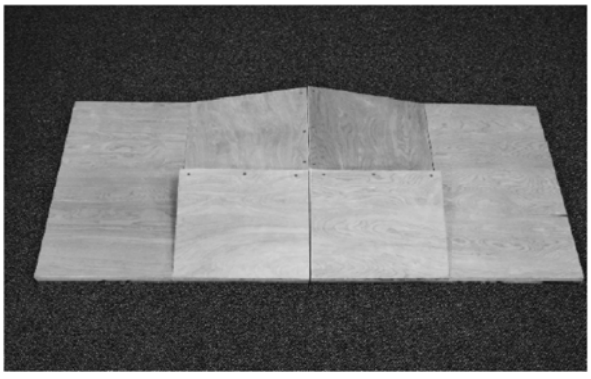


Figura 10 - Single-limb Hopping Course

Single-limb Hurdle test [19,23]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede 10 quadranti fissati al pavimento e tre ostacoli bassi posizionati in maniera standardizzata. Nell'articolo originale di *Buchanan A.*[19], gli ostacoli, realizzati con coni e tape anelastico, hanno un'altezza di circa 15 centimetri, mentre nello studio di *Sharma N.*[23] l'altezza è stata ridotta a 10 centimetri.

La modalità di esecuzione del percorso varia in base all'arto da valutare, in modo tale da garantire che il soggetto esegua sempre due salti laterali e un salto in direzione mediale.

Si registra il tempo impiegato dal soggetto ad eseguire il test e si considerano anche eventuali errori.

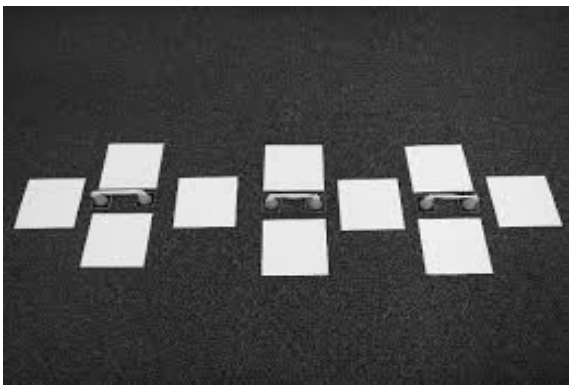


Figura 11 - Single-limb Hurdle Test

Triple-Crossover Hop for distance [13]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Distanza

Esecuzione: Il test richiede al soggetto di eseguire tre salti monopodalici a zig-zag lungo una linea larga 15 centimetri. La posizione di partenza è standardizzata in maniera tale che il primo e l'ultimo salto siano diretti verso il lato dell'arto da testare.

Viene misurata la distanza tra l'alluce del piede da valutare nella posizione di partenza e il tallone nella posizione di arrivo.

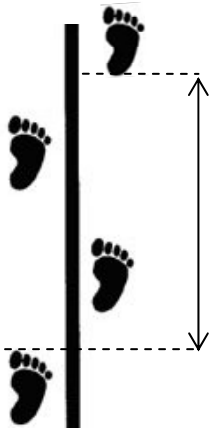


Figura 12 - Triple-Crossover Hop for Distance

Six-meter Crossover Hop test [15,18]

Piano di movimento: Frontale e Sagittale

Outcome: Tempo

Esecuzione: Il test prevede che il soggetto esegua dei salti monopodalici a zig-zag lungo una linea di 6 metri e 15 centimetri di larghezza. Viene registrato il tempo impiegato a completare correttamente il test; in caso di caduta, appoggio dell'arto controlaterale e/o mancato superamento della linea, il tentativo viene considerato non accettabile e fatto ripetere.

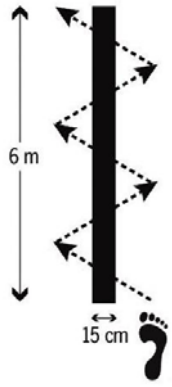


Figura 13 - Six-meter Crossover Hop Test

APPENDICE 2 *(Simone De Luca)*

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle caratteristiche psicometriche e delle differenze inter/intra-gruppo dei Single-limb Hopping Test nei rispettivi studi.

Tabella 1 - Caratteristiche psicometriche e differenze inter/intra-gruppo dei Single-limb Hopping Test nei rispettivi studi.

	Linens*[17] *(2014)	***Groters*[11] *(2013)***	***Witchalls*[16] *(2012)***	***Eechaute*[20] *(2012)***	***Sharma*[23] *(2011)***	***Wikstrom*[13] *(2009)***	***Caffrey*[18] *(2009)***	***Eechaute*[22] *(2009)***	***Buchanan*[19] *(2008)***	***Eechaute*[21] *(2008)***	***Sekir*[15] *(2007)***
Single-legged Hop for distance	-	-	***p = .001**** *(unilaterale)* *p = .167 (differenza bilaterale)*	-	*p > .05* *ICC = .96*	*p > .05* *ICC = . 43*	-	-	-	-	*ICC = .97*
Triple Hop for distance	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*ICC = .98*
Six meter Hop for time	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*ICC = .95*
Side Hop test	***p = .006**** *Cut off > 12,88 sec*	-	-	-	***p < .05**** *ICC = .84*	*p > .05* *ICC = .28*	***p = .02-.03****	-	-	-	-

	Linens*[17] *(2014)	***Groters*[11] *(2013)***	***Witchalls*[16] *(2012)***	***Eechaute*[20] *(2012)***	***Sharma*[23] *(2011)***	***Wikstrom*[13] *(2009)***	***Caffrey*[18] *(2009)***	***Eechaute*[22] *(2009)***	***Buchanan*[19] *(2008)***	***Eechaute*[21] *(2008)***	***Sekir*[15] *(2007)***
Figure-8 Hop test	***p = .03**** *Cut off > 17,36 sec*	-	-	-	***p < .05**** *ICC = .95*	*p > .05* *ICC = .21*	***p = .02-.04****	-	-	-	-
Multiple Hop test	-	***p = .001**** *K-intra = 0,73* *K-inter = 0,68*	-	*Sn = .86* *Sp = .79* *LR+ = 4.2* *LR- = .17* *DA = .83* *ICC = .84-.96*	-	-	-	*ICC-intra = .83-.94* *ICC-inter = .91-.94*	-	***p = .000 - .002**** *ICC = .91 - .97*	-
Hexagon Hop test	-	-	***p = .033**** *(unilaterale)* ***p < .001**** *(differenza bilaterale)*	-	-	-	-	-	-	-	-
Hop and Hold test	-	-	*p = .052 (unilaterale)* *p = .135 (differenza bilaterale)*	-	-	-	-	-	-	-	-

	Linens[17] (2014)	*Groters[11] (2013)*	*Witchalls[16] (2012)*	*Eechaute[20] (2012)*	*Sharma[23] (2011)*	*Wikstrom[13] (2009)*	*Caffrey[18] (2009)*	*Eechaute[22] (2009)*	*Buchanan[19] (2008)*	*Eechaute[21] (2008)*	*Sekir[15] (2007)*
Square Hop test	-	-	-	-	***p < .05**** *ICC = .90*	-	***p = .05****	-	-	-	-
Single-limb Hopping course	-	-	-	-	***p < .05**** *ICC = .93*	-	-	-	***p = .01**** *(con sensazione di cedimento)*	-	*ICC = .97*
Single-limb Hurdle test	-	-	-	-	***p < .05**** *ICC = .93*	-	-	-	*p = .24 - .41*	-	-
Triple - Crossover Hop for distance	-	-	-	-	-	*p > .05* *ICC = .27*	-	-	-	-	-
Six meter Crossover Hop test	-	-	-	-	-	-	***p = .01****	-	-	-	*ICC = .94*

Abbreviazioni: SN,sensibilità;SP, specificità; LR(+/-), likelihood ratio; DA, accuratezza diagnostica; K,indice di concordanza (Kappa di Cohen); ICC, coefficiente di correlazione di interclasse.

**** significatività statistica: p < 0.05.***

APPENDICE 3 *(Simona Carini)*

1. Postural Sway Test: il paziente, partendo dalla stazione eretta, deve stare in equilibrio su una gamba sola in 4 differenti modi (a occhi aperti sulla gamba sana e successivamente quella malate, a occhi chiusi con la gamba sana e successivamente quella malata). La posizione va mantenuta per 1 minuto e si valuta la qualità della performance, ovvero: spostamenti del corpo nelle varie direzioni, eventuale appoggio dell'arto controlaterale.

Fig.14: Postural Sway Test

2. SEBT (Star Excursion Balance Test): test funzionale che coinvolge un arto inferiore in carico al centro di una griglia con 8 diagonali, cercando di massimizzare la distanza raggiunta tramite l'arto controlaterale (distanza

massima raggiunta valutata in cm). Posizione di partenza: stazione eretta appoggio monopodalico sull'arto da valutare.

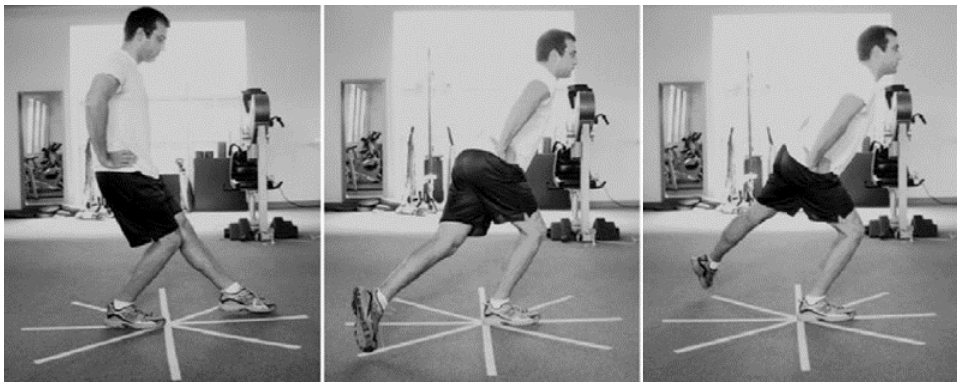


Figura 15: Star Excursion Balance Test

3. Stima visiva: si fa riferimento allo studio di *Bastien*[28] in cui si utilizza questa procedura standardizzata che permette un'osservazione diretta della MRD grazie a nastri e un marker sulla punta della scarpa.

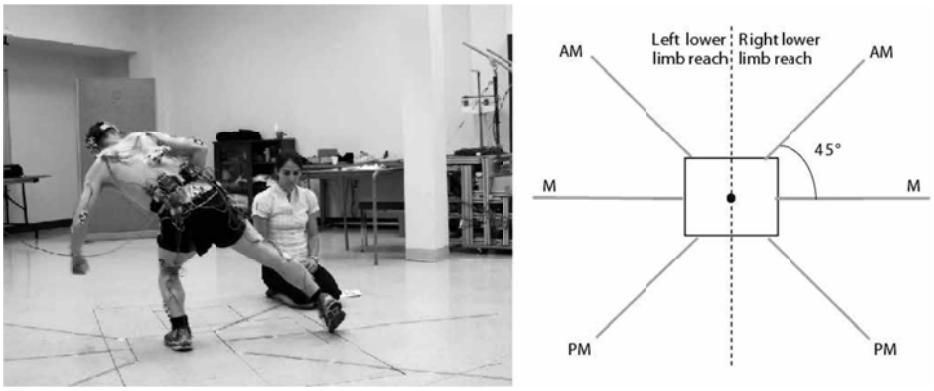


Figura 16: SEBT con l'applicazione di marker

4. WLBT: Weight-Bearing Lunge Test: Il paziente è in piedi di fronte alla parete, il piede da valutare si pone a 10 cm dal muro (misura tra alluce e muro) e si chiede al paziente di flettere il ginocchio rimanendo su una gamba sola fino a toccare con quest'ultimo la parete; si ripete l'operazione fino a quando il soggetto non è più in grado di arrivare a toccare la parete con il ginocchio senza alzare il tallone. (una distanza tra alluce e parete inferiore a 10 cm è considerata positiva). Non nasce come Balance Test ma come test funzionale per valutare la dorsiflessione TT, in questo studio è stato modificato ed eseguito in carico monopodalico.

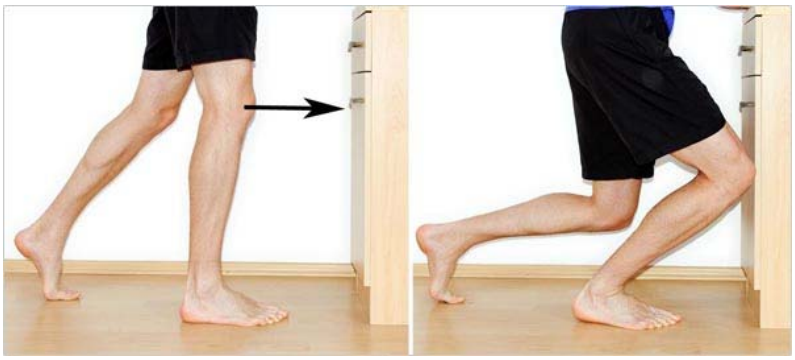


Figura 17: Weight-Bearing Lunge Test

BIBLIOGRAFIA

1. Fong D.T, Hong Y., Chan L.K. et al. **A Systematic Review on Ankle Injury and Ankle Sprain in Sports.** *Sports Med.* 2007; 37 (1): 73-94.

2. Waterman B.R., Owens B.D., Davey S. et al. **The Epidemiology of Ankle Sprains in the United States.** *J Bone Joint Surg Am.* 2010; 92: 2279-84.

3. Waterman B.R., Belmont P.J. Jr, Cameron K.L. et al. **Risk Factors for Syndesmotic and Medial Ankle Sprain Role of Sex, Sport, and Level of Competition.** *AJSM.* 2011; Vol. XX, No. X.

4. Van Reijen M., Vriend I., Zuidema V. et al. **The implementation effectiveness of the "Strengthen your ankle" smartphone application for the prevention of ankle sprains: design of a randomized controlled trial.** *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2014; 15: 2.

5. Trojian T.H., McKeag D.B.. **Single leg balance test to identify risk of ankle sprains.** *Br J Sports Med.* 2006; 40: 610–613.

6. McCriskin B.J., Cameron K.L, Orr J.D et al. **Management and prevention of acute and chronic lateral ankle instability in athletic patient populations.** *World J Orthop.* 2015 March 18; 6(2): 161-171**.**

7. Anandacoomarasamy A, Barnsley L. **Long term outcomes of inversion ankle injuries.** *Br J Sports Med.* 2005; 39: e14.

8. Doherty C., Delahunt E, Caulfield B. et al. **The Incidence and Prevalence of Ankle Sprain Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Epidemiological Studies.** *Sports Med.* 2013.

9. Hubbard T.J, Hicks-Little C.A. **Ankle ligament healing after an acute ankle sprain: an evidence-based approach.** *J Athl Train.* 2008; 43(5): 523–529.

10. Fulton J, Wright K, Kelly M, et al. **Injury risk is altered by previous injury: a systematic review of the literature and presentation of causative neuromuscular factors.** *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Ottobre; Vol. 9, n° 5, Pag. 585.

11. Groters S, Groen B.E, van Cingel R. et al. **Double-leg stance and dynamic balance in individuals with functional ankle instability.** *Gait Posture.* 2013; 38: 968–973.

12. Richie D.H, Izadi F.E. **Return to play after an ankle sprain: Guidelines for the podiatric physician.** *Clin Podiatr Med Surg.* 2015; in press article.

13. Wikstrom E.A, Tillman M.D, Chmielewski T.L. **Self-assessed disability and functional performance in individuals with and without ankle instability: a case control study.** *JOSPT.* 2009 Giugno; Vol. 39, n°6: 458-467.

14. Kaminski T.W, Hertel J, Amendola N. et al. **National athletic trainers' association position statement: conservative management and prevention of ankle sprains in athletes.** *J Athl Train.* 2013; 48(4): 528–545.

15. Sekir U, Yildiz Y, Ors F. et al. **Reliability of a functional test battery evaluating functionally, proprioception, and strength in recreational athletes with functional ankle instability.** *Eur J Phys Rehabil Med.* 2007; Vol. 44, n° 4: 407 – 415.

16. Witchalls J.B, Newman P, Waddington G, et al. **Functional performance deficits associated with ligamentous instability at the ankle.** *J Sci Med Sports.* 2013; 16: 89–93.

17. Linens S.W, Ross S.E, Arnold B.L, et al. **Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability.** *J Athl Train.* 2014; 49(1): 15–23.

18. Caffrey E, Docherty C.L, Schrader J. et al. **The ability of 4 single-limb hopping tests to detect functional performance deficits in individuals with functional ankle instability.** *JOSPT.* 2009 Novembre; Vol. 39; n° 11: 799 – 806.

19. Buchanan A.S, Docherty C.L, Schrader J. **Functional performance testing in participants with functional ankle instability and in a healthy control group.** *J Athl Train.* 2008; 43(4): 342–346.

20. Eechaute C, Bautmans I, De Hertogh W. et al. **The multiple hop test: a discriminative or evaluative instrument for chronic ankle instability?** *Clin J Sport Med.* 2012 Maggio; Vol. 22, n° 3: 228 – 233.

21. Eechaute C, Vaes P, Duquet W. **Functional performance deficits in patients with CAI: validity of the Multiple Hop Test.** *Clin J Sport Med.* 2008; 18: 124–129.

22. Eechaute C, Vaes P, Duquet W. **The dynamic postural control is impaired in patients with chronic ankle instability: reliability and validity of the Multiple Hop Test.** *Clin J Sport Med.* 2009 Marzo; Vol. 19, n° 2: 107 – 114.

23. Sharma N, Sharma A, Sandhu J.S. **Functional performance testing in athletes with functional ankle instability.** *Asian J Sports Med.* 2011 Dicembre; Vol. 2, n°4: 249-258.

24. Docherty C.L, Arnold B.L, Gansneder B.M, et al. **Functional-performance deficits in volunteers with functional ankle instability.** *J Athl Train.* 2005; 40: 30 – 34.

25. Jerosch J, Bischof M. **Proprioceptive capabilities of the ankle in stable and unstable joints.** *Sports Exerc Inj.*1996; 2: 167-171.

26. Demeritt K.M, Shultz S.J, Docherty C.L, et al. **Chronic ankle instability does not affect lower extremity functional performance.** *J Athl Train.* 2002; 37: 507-511.

27. Suda E.Y, Souza de R.N. **Functional performance assessment in individuals with ankle instability: a systemic review of the literature.** *Brazilian J Sports Med.* 2009; 15: 233 - 237.

28. Bastien M. **Concurrent and discriminant validity of the Star Excursion Balance Test for military personnel with lateral ankle sprain.** *J Sport Rehabil.* 2014; Feb; 23(1): 44-55.

29. Bastien M. **Alteration in global motor strategy following lateral ankle sprain.** *BMC Musculoskelet Disord.* 2014; Dec.16; 15: 436.

30. Doherty C. **Laboratory measures of postural control during the Star Excursion Balance Test after acute first-time lateral ankle sprain.** *J Athl Train.* 2015; Jun; 50(6): 651-64.

31. de Vries J.S. **Difference in balance measures between patients with chronic ankle instability and patients after an acute ankle inversion trauma.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010; May; 18(5): 601-6.

32. Feger M.A. **Lower extremity muscle activation during functional exercises in patients with and without chronic ankle instability.** *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation.* 2014; 6(7): 602-11.

33. Ben Moussa Zouita A. **The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains in Tunisian Athletes.** *Ann Phys Rehabil Med.* 2013; 56(9-10): 634-43.

34. Steib S. **Fatigue-induced alterations of static and dynamic postural control in athletes with a history of ankle sprain.** *J Athl Train.* 2013; 48(2): 203-8.

35. Doherty C. **Dynamic balance deficits 6 months following first-time acute lateral ankle sprain: a laboratory analysis.** *J Orthop Sports Phys Ther.* 2015; 45(8): 626-33.

36. Doherty C. **Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016; 24(4): 1086-95.

37. Hoch M.C. **Dorsiflexion and dynamic postural control deficits are present in those with chronic ankle instability.** *J Sci Med Sport.* 2012; 15(6): 574-9.

38. Clanton T.O. **Return to play in athletes following ankle injuries.** *Sports Health.* 2012; 4(6): 471-4.

39. O' Driscoll J. **Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A Case report.** *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol.* 2011; Jun 9; 3: 13.

40. Hale S.A. **Bilateral improvements in lower extremity function after unilateral balance training in individuals with chronic ankle instability.** *J Athl Train.* 2014; 49(2): 181-91.

41. Ben Moussa Zouita A. **The effect of 8-weeks proprioceptive exercise program in postural sway and isokinetic strength of ankle sprains of Tunisian athletes.** *J Sport Rehabil.* 2013; 56(9-10): 634-43.

42. McKeon P.O. **Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability.** *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(10): 1810-9.

43. Terada M. **The influence of ankle dorsiflexion and self-reported patient outcomes on dynamic postural control in participants with chronic ankle instability.** *Gait Posture.* 2014; 40(1): 193-7.

44. Cruz-Díaz D. **Effects of joint mobilization on chronic ankle instability: a randomized controlled trial.** *Disabil Rehabil.* 2015; 37(7): 601-10.

45. Gribble P.A.. **Prediction of lateral ankle sprains in football players based on clinical tests and body mass index.** *Am J Sports Med.* 2016; 44(2): 460-7.

46. Plisky P.J. **Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players.** *J Orthop Sports Phys Ther.* 2016; 36(12): 911-9.