



# Università degli Studi di Padova

CORSO DI LAUREA IN FISIOTERAPIA

PRESIDENTE: *Ch.mo Prof. Raffaele De Caro*

TESI DI LAUREA

***“L’efficacia degli esercizi propriocettivi nel  
trattamento dell’instabilità cronica di caviglia:  
revisione bibliografica”***

RELATORE:

Dott. Mariangela Varotto

LAUREANDO:

Mattia Chiggiato

Anno Accademico 2014-2015

## INDICE

RIASSUNTO.....	4
INTRODUZIONE.....	6
1. LA CAVIGLIA	
1.1.APPARATO OSTEO-LEGAMENTOSO.....	7
1.2.MUSCOLI DELLA CAVIGLIA.....	9
1.3.VASCOLARIZZAZIONE DELLA CAVIGLIA.....	9
1.4.INNERVAZIONE DELLA CAVIGLIA.....	10
2. INSTABILITA' DI CAVIGLIA E DISTORSIONI	
2.1.CLASSIFICAZIONI DELLE DISTORSIONI.....	11
2.2.EPIDEMIOLOGIA.....	13
2.3.MECCANISMI TRAUMATICI.....	13
2.4.DEFINIZIONE DI INSTABILITA' CRONICA.....	14
3. SISTEMA PROPRIOCETTIVO	
3.1.RECETTORI PROPRIOCETTIVI E TATTILI.....	19
3.2.VIE SOMATOSENSORIALI.....	20
3.3.PROPRIOCEZIONE ED ESERCIZIO PROPRIOCETTIVO.....	22
MATERIALI E METODI.....	23
RISULTATI.....	29
DISCUSSIONE.....	34

CONCLUSIONE.....42

BIBLIOGRAFIA.....43

## **RIASSUNTO**

Lo scopo di questo studio è di ricercare negli esercizi propriocettivi una possibile valida cura per il trattamento dell'instabilità cronica di caviglia e di valutarne gli effetti ottenuti.

**Materiali e metodi:** la ricerca degli articoli da includere in questa revisione è stata fatta attraverso le banche dati online Pubmed, Pedro e ScienceDirect e sono stati ricercati altri articoli attraverso il motore di ricerca Google Scholar.

Sono stati letti, in totale, 155 titoli, dei quali 112 sono stati esclusi perché non erano pertinenti alla mia domanda di ricerca e circa 70 di questi erano doppi di articoli già letti o scaricati precedentemente. Dalla lettura dei soli titoli perciò ne sono usciti 43 articoli, di cui 27 sono stati esclusi dopo la lettura dell'abstract, perché non era inerente ai criteri di ricerca o perché non era molto dettagliato. In totale sono stati inclusi 16 articoli, di cui 1 revisione, 12 RCT e 3 studi di coorte.

**Risultati:** in questo studio c'è un medio-alto livello di evidenza, perché 13 dei 16 articoli totali (81%) sono RCT o revisioni sistematiche. Tra gli outcome più utilizzati ci sono l'equilibrio statico, l'equilibrio dinamico e la percezione della posizione della caviglia. La prima misura, l'equilibrio statico, risulta in 11 articoli, in 10 di questi ci sono stati risultati significativi (91%). Il secondo outcome, l'equilibrio dinamico, è presente in 5 studi, e nel 100% dei casi è risultato alla fine del trattamento un miglioramento significativo dello stesso. L'ultimo parametro, la percezione della caviglia, è stata rinvenuta in 4 articoli e su 3 di essi (75%) è risultata migliorata alla fine dell'allenamento con esercizi propriocettivi o di equilibrio. Inoltre nei 3 articoli in cui vengono somministrati i questionari alla fine del trattamento è risultato su tutti un miglioramento.

**Discussione:** dai risultati ottenuti dagli articoli inclusi in questa revisione, si è visto che gli esercizi propriocettivi per l'instabilità cronica di caviglia

hanno un buon livello di efficacia a breve termine. Sembra ancora da definire l'efficacia di questi esercizi a lungo termine, dato che, in quasi tutti gli articoli, non era previsto un follow-up alla fine del trattamento, e se i miglioramenti ottenuti perdurano nel tempo. Solo in un articolo era previsto il follow-up alla fine dello studio e ha dato risultati positivi, ma non ci sono stati altri articoli con cui confrontarlo, per cui ha poca validità al fine statistico.

**Conclusioni:** gli esercizi propriocettivi risultano efficaci nel trattamento dell'instabilità cronica di caviglia, migliorando le performance nell'equilibrio statico e dinamico, migliorando la propriocezione e la percezione della caviglia e migliorando la stabilità dell'intera articolazione. Sarebbero utili ulteriori studi per vedere se i miglioramenti ottenuti perdurano nel tempo e se viene diminuita la probabilità di recidive di distorsioni alla caviglia in seguito a trattamenti con esercizi propriocettivi o di equilibrio.

## INTRODUZIONE

In questa revisione sistematica l'obiettivo è quello di andare a valutare, attraverso il confronto tra gli studi che sono stati raccolti e i risultati che sono stati ottenuti da essi, se siano efficaci o meno gli esercizi propriocettivi in pazienti che soffrono di instabilità cronica di caviglia.

Il motivo principale che mi ha spinto ad effettuare questo tipo di ricerca è che ho notato che in molti sportivi si tende a non curare, o a farlo in maniera non adeguata, distorsioni che possono essere anche di significativa entità. Questo in alcuni casi può portare ad altri traumi distorsivi, instaurandosi così una cronicità. Successivamente, documentandomi sulle possibili cause che possono portare a questo genere di infortuni, ho constatato che in seguito a distorsioni di caviglia, oltre alle lesioni dei tessuti molli, come i legamenti o la capsula articolare, vi è un danno ai recettori della propriocezione e sensitivi in generale. Per cui ho pensato che gli esercizi propriocettivi fossero gli esercizi più adatti per il recupero e la ripresa della funzionalità della caviglia e che grazie a questi si potesse migliorare la percezione e il senso del movimento che sono deficitari in seguito alla lesione dei recettori.

# 1. LA CAVIGLIA

## 1.1 APPARATO OSTEO-LEGAMENTOSO

Nell'articolazione tibio-tarsica superiore, o talocrurale, si possono contare due facce articolari principali: la faccia formata dalla due ossa della gamba, cioè Tibia e Perone, che compongono il mortaio talo-fibulare, che è una concavità che accoglie perfettamente l'altra faccia articolare, cioè la troclea dell'Astragalo, la quale è formata dalle due facce malleolari mediali e laterali e da una faccia superiore. Ogni faccia articolare è rivestita da cartilagine, sul cui margine si inserisce la capsula articolare, che avvolge tutta l'articolazione, davanti e dietro. Oltre a questa articolazione, detta superiore, c'è un'altra articolazione, detta inferiore, che è formata dalle due facce articolari di astragalo (talo) e calcagno. Quest'ultima si chiama articolazione subtalare ed è molto importante per i movimenti di rotazione, cioè per la pronazione e per la supinazione. (1)

La caviglia è rinforzata da numerosi legamenti che servono per mantenere più stabilità tra le tre ossa che formano l'articolazione. Per mantenere più stabilità tra tibia e perone, che formano il mortaio, ci sono due legamenti denominati tibiofibulare anteriore e posteriore, che fissano queste due ossa davanti e dietro, ancorandole l'una all'altra. Mentre per quanto riguarda i legamenti che vanno a stabilizzare

l'articolazione vera e propria della caviglia, e cioè tra astragalo da una parte, e tibia e perone dall'altra, si può notare che, tra la parte mediale e quella laterale, il legamento più

robusto di tutti è situato nella parte

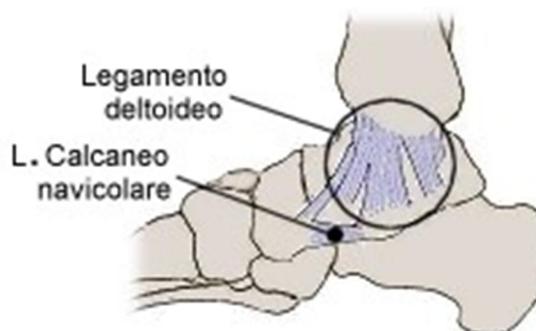


Figura 1: Comparto mediale del piede (2)

mediale del piede, ed è il legamento collaterale mediale, formato da quattro parti, ognuna con un nome diverso che deriva dal decorso che fa quella parte del legamento. Quindi il fascio di fibre che parte dalla tibia e giungerà all'osso navicolare, prenderà il nome di tibionavicolare. Un fascio andrà a collegarsi col sustentacolo dell'astragalo, che si trova sul calcagno, e prenderà il nome di tibiocalcanearo. Le altre due parti invece prenderanno il nome di tibiotalare anteriore e tibiotalare posteriore, che giungeranno sempre sull'astragalo, ma il primo raggiungerà il collo, e sarà coperto parzialmente dalla parte tibiocalcanearo, e il secondo andrà ad inserirsi nella faccia mediale dell'astragalo. Il legamento collaterale mediale viene anche denominato deltoideo. (1)

Dalla parte opposta non c'è un unico legamento che rinforzi tutto il comparto laterale, ma sono tre legamenti diversi che insieme formano il legamento collaterale laterale.

Questi tre legamenti sono il legamento talofibulare anteriore, talofibulare posteriore e calcaneofibulare. Di questi tre, quello che viene più frequentemente danneggiato in seguito a distorsioni in inversione,

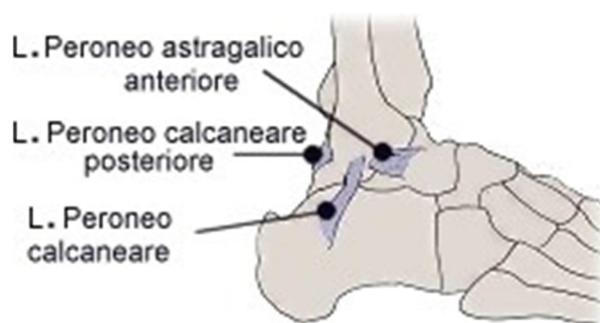


Figura 2: Comparto laterale del piede (2)

è il talofibulare anteriore, anche detto peroneo-astragalico anteriore, che ha un decorso che va dal malleolo laterale, cioè il perone, al collo dell'astragalo. Il posteriore invece ha un decorso che va quasi orizzontalmente verso il processo posteriore dell'astragalo. Nelle gravi distorsioni in inversione invece possono lesionarsi anche gli altri legamenti, e quindi aumenta di molto l'instabilità dell'articolazione nel comparto laterale. (1)

## 1.2 MUSCOLI DELLA CAVIGLIA

L'articolazione della caviglia può muoversi su diversi piani: grazie alla grande mobilità della stessa e ai molteplici muscoli che la fanno muovere, la caviglia può muoversi lungo l'asse trasversale per compiere i movimenti di flessione plantare e flessione dorsale, o lungo l'asse obliquo per compiere i movimenti di pronazione e supinazione.

I muscoli che agiscono su questa articolazione, perciò, possono essere suddivisi per funzionalità, o meglio, per l'azione che essi compiono:

- Flessori dorsali: il più importante dorsiflessore è situato nella gamba ed è il tibiale anteriore.
- Flessori plantari: l'azione viene svolta per la maggior parte dal muscolo tricipite della sura. Viene aiutato nello flessione plantare da i due peronieri, lungo e breve, e dal tibiale posteriore.
- Pronazione: questo movimento viene eseguito quasi totalmente dal peroniere lungo e da quello breve.
- Supinazione: in questo movimento interviene principalmente il muscolo tricipite della sura. Viene aiutato nel movimento dal tibiale posteriore e in minima parte da quello anteriore. (1)(3)

## 1.3 VASCOLARIZZAZIONE

La vascolarizzazione della gamba inizia con l'arteria poplitea a livello della fossa omonima, poi scendendo, in un punto ad altezza variabile, darà origine all'arteria tibiale anteriore, che, una volta continuato il suo decorso verso la caviglia, si dividerà in arteria tibiale posteriore e in arteria peroniera. L'arteria tibiale anteriore porterà il sangue all'arteria dorsale del piede, mentre l'arteria tibiale posteriore porterà il sangue alle arterie della

parte plantare del piede. Il sangue poi viene raccolto per la maggior parte dalla vena grande safena e in minor parte dalla vena piccola safena e risale la gamba fino a ritornare al cuore. (1)(3)

#### 1.4 INNERVAZIONE

I nervi periferici che innervano gamba e piede partono dalla fossa poplitea tramite due rami, il nervo peroneo comune e il nervo tibiale. Il primo scende verso il piede lungo il margine posteriore del muscolo bicipite femorale, il secondo si inserisce tra i due capi del gastrocnemio.

Per l'innervazione del piede sono molto importanti il nervo safeno, che innerva tutta la parte mediale della gamba e del piede, il peroneo superficiale, che si ramifica sul dorso del piede, e il nervo peroneo profondo che contiene sia fibre motorie che sensitive per lo spazio interdigitale. (1)

## 2. INSTABILITA' DI CAVIGLIA E DISTORSIONI

### 2.1 CLASSIFICAZIONE

Una distorsione è la perdita momentanea del rapporto tra le superfici articolari dei capi ossei che formano l'articolazione. In questo tipo di trauma molto spesso vi è stiramento o lacerazione dei tessuti molli che fanno parte e che circondano l'articolazione, come la capsula articolare, i legamenti, i muscoli e i tendini. Nella classificazione delle distorsioni di caviglia, vengono considerate proprio le lesioni ai tessuti molli:

- GRADO 0: il quadro non presenta rotture legamentose, ma c'è una modesta tumefazione; può essere presente un lieve ematoma nella parte laterale del piede e inoltre viene riferito dolore nella zona premalleolare laterale.
- GRADO 1: presenza di tumefazione laterale crepitante con ematoma, dolore all'angolo peroneo-tibiale e c'è la possibilità di caricare ma con dolore. Inoltre vi è la rottura isolata del legamento peroneo astragalico anteriore.
- GRADO 2: ematoma presente sia nella zona laterale che in quella mediale, dolorabilità nella parte pre e sotto-malleolare, aumento inoltre della mobilità laterale e deambulazione con zoppia; in questo caso vengono coinvolti i legamenti peroneo astragalico anteriore, peroneo calcaneare e astragalo calcaneare
- GRADO 3: il quadro con cui si presenta la caviglia è un edema con ematoma nell'angolo tibio-peroneale anteriore, inoltre vi è dolore nel movimento di varismo del piede. Se viene effettuato il test del cassetto astragalico, esso risulterà positivo. L'appoggio del piede al suolo non è possibile. I legamenti che sono interessati in questo caso

sono il peroneo astragalico anteriore, il peroneo calcaneare, il peroneo astragalico posteriore e, non in tutti i casi, l'astragalo calcaneare. (4)

GRADO	CLINICA	RADIO-DINAMICHE		ANATOMIA PATOLOGICA
		VARO	ANTERO-PULSIONE	
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>— modesta tumefazione</li> <li>— talvolta piccolo ematoma laterale</li> <li>— dolenzia premalleolare laterale</li> </ul>	10°	5 mm	non rotture legamentose
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>— tumefazione laterale crepitante con ematoma</li> <li>— dolore angolo peroneo-tibiale</li> <li>— carico con dolore</li> </ul>	10°-15°	8 mm	rottura isolata PAA
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>— ematoma laterale-mediale</li> <li>— dolore sotto- e pre-malleolare</li> <li>— aumento mobilità laterale</li> <li>— zoppia</li> </ul>	20°-25°	10-15 mm	rottura PAA + PC + AC
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>— edema + ematoma angolo tibio-peroneale anteriore</li> <li>— dolore varizzando</li> <li>— cassetto astragalico</li> <li>— non appoggio del piede</li> </ul>	30°	15 mm	rottura PAA + PC + PA ± AC interosseo

Figura 3: Stadiazione di Castaing (10)

Può essere utilizzata anche un altro tipo di classificazione, che si basa più sull'aspetto temporale, ed è formata da 3 gradi:

- Lesioni acute: primo trauma distorsivo
- Lesione acute su precedente: dopo un primo episodio di distorsione, ne avviene un altro sulla stessa caviglia a distanza di almeno sei-dieci mesi
- Lesioni inveterate: frequenti episodi distorsivi che possono essere causati anche da lassità croniche (5)

## 2.2 EPIDEMIOLOGIA

Il trauma distorsivo alla caviglia è un infortunio molto comune, più di quanto si pensi, basti considerare che l'incidenza giornaliera delle distorsioni alla caviglia è di 1 ogni 10000 persone e in particolare vengono segnalate soprattutto distorsioni della parte laterale del piede, quindi in inversione, che colpisce la popolazione nell'85% dei casi di infortunio alla caviglia. (6)(7) Inoltre in una percentuale che può salire fino al 70% c'è la possibilità che la caviglia, proprio in seguito ad una distorsione avvenuta in precedenza, possa subire una seconda distorsione o possa continuare a manifestare determinati sintomi (quali debolezza, sensazione di cedimento, dolore). Questa particolare situazione viene denominata instabilità cronica di caviglia. (8) Questo genere di traumi, perciò, è frequente in tutta la popolazione, ma la frequenza di questi infortuni aumenta ancora di più se si va a tenere conto solo della popolazione attiva fisicamente o che pratica sport. Infatti, per chi pratica attività fisica, questo è uno degli infortuni in cui si può incorrere più facilmente, è il secondo infortunio più frequente negli sportivi, e la causa di una distorsione di caviglia, molte volte, è proprio una storia di distorsioni di caviglia. (7)

## 2.3 MECCANISMI TRAUMATICI

Come detto precedentemente la maggior parte delle distorsioni va a colpire il comparto laterale della caviglia, e quindi il movimento che viene eseguito perché avvenga questo tipo di trauma è quello di inversione del piede. I movimenti traumatici però sono due, in inversione ed eversione:

- In inversione: questo trauma comprende anche un movimento di varismo che crea più spesso lesioni a legamenti che fratture ai malleoli. Inoltre solitamente viene associato al movimento di

inversione e varismo anche quello di flessione plantare, ma non in tutti i casi. Il legamento che viene interessato in questo trauma è il peroneo astragalico anteriore (PAA) e questo può causare la comparsa del cassetto anteriore. Se la distorsione è di grado maggiore possono essere interessati anche gli altri due legamenti del comparto laterale. Se invece viene associata la dorsiflessione, in alcuni casi può essere lesionato prima il legamento peroneo calcaneare e poi il PAA. (9)(10)

- In eversione: questo trauma a differenza del precedente viene associato al valgismo, causa più spesso fratture ai malleoli e il legamento che viene interessato in questo movimento è il legamento deltoideo. (9)(10)

#### 2.4 DEFINIZIONE DI INSTABILITA' DI CAVIGLIA

Secondo Freeman (11), l'instabilità cronica di caviglia (CAI) sarebbe il risultato di due possibili condizioni, cioè l'instabilità di tipo funzionale e l'instabilità di tipo meccanico. La prima comprende tutti quei sintomi quali sensazione di cedimento e ricorrenti traumi distorsivi ed oltre a questi vi può essere anche debolezza, dolore e difficoltà nel cammino su superfici irregolari. Questa perciò è causata soprattutto da deficit della propriocezione e da un'alterazione nel controllo neuromuscolare. Invece l'instabilità di tipo meccanico comprende tutte quelle problematiche che sono legate alle strutture che vanno a comporre la caviglia: quindi può essere data da una lassità legamentosa dovuta a distorsioni pregresse, oppure da una rottura di legamenti, perciò viene considerata qualsiasi struttura che possa andare ad alterare il normale movimento della caviglia, e quindi oltre la normale portata dell'articolazione. (6)(12) Secondo Freeman (11), però, raramente tutti i sintomi che fanno presagire una

instabilità di tipo funzionale sono secondari ad una instabilità di tipo meccanico. Tuttavia la sensazione di “giving way” cioè di cedimento può portare a ricorrenti distorsioni di caviglia e alla fine portare ad una instabilità di tipo meccanico.

Successivamente Hertel (13) propose un suo modello per classificare l'instabilità di caviglia: secondo questo modello quindi l'instabilità di caviglia poteva essere data dai due fattori insufficienze meccaniche e insufficienze funzionali, ma solo nel caso in cui questi due si sovrappongono (quindi quando si ha sia instabilità funzionale sia instabilità meccanica) si ha instabilità cronica con episodi di ricorrenti distorsioni.

Secondo il modello di Hertel (13) le cause dell'instabilità di tipo meccanico possono essere 3:

- Lassità patologica: questa è il risultato di un danno ai legamenti che hanno la funzione di contenere la caviglia e di darne stabilità. In seguito ad una lesione dei legamenti perciò si può avere diversi gradi di lassità, e quindi di instabilità, a seconda di quanti legamenti vengono lesionati. Per valutarne l'entità solitamente si usa effettuare il test del cassetto anteriore, che consiste nello spostamento anteriore della tibia sull'astragalo, e questo può essere un indice di lesione del legamento peroneo astragalico anteriore. Nel caso in cui si voglia valutare anche l'integrità del legamento calcaneo fibulare bisogna effettuare il “talar tilt test”.
- Limitazioni artrocinematiche: queste possono essere a una qualsiasi delle 3 articolazioni della caviglia (tibiofibulare, tibio-tarsica e astragalo calcaneare). È importante sapere che se una di queste è correlata a continue distorsioni di caviglia, questo può comportare un difetto di posizionamento dell'articolazione tra tibia e fibula distalmente. Come suggerisce nel suo studio Mulligan, ci può essere

un dislocamento della fibula, anteriormente e inferiormente, nelle persone che soffrono di instabilità cronica di caviglia. Quindi in questa posizione errata del perone il legamento PAA è deteso, e, quando inizia a supinare il retropiede, prima che il legamento si porti in tensione, l'astragalo può effettuare un movimento più ampio. Oltre a questo anche l'ipomobilità e un limitato range di movimento possono essere intesi come insufficienze di tipo meccanico, soprattutto quest'ultimo, se inteso come dorsiflessione, è considerato uno dei fattori predisponenti alla distorsione di caviglia.

- Alterazioni sinoviali e degenerative: in alcuni pazienti che soffrivano di sinoviti si è visto che spesso riportavano instabilità e dolore, questo perché in molti casi la sinovite era causata da "impingement", dato da un'ipertrofia del tessuto sinoviale. Inoltre è stato rilevato, da uno studio di Gross e Marti, che nei pallavolisti con una storia di distorsioni alla caviglia c'è un'incidenza più alta di formazione di osteofiti e di sclerosi subcondrale rispetto a dei soggetti sani. (13)

Per quanto riguarda invece le insufficienze di tipo funzionale, secondo Helter (13), possono essere di 4 tipi:

- Compromissione della propiocezione e della percezione: in seguito a distorsioni, soprattutto se intese come ricorrenti, ci può essere un'alterazione della propiocezione, che è riscontrabile soprattutto come deficit della cinestesia o nella riproduzione di un dato angolo dell'articolazione della caviglia. Il manifestarsi di questi deficit propriocettivi, secondo recenti studi, sembra sia dato non tanto da un'alterazione nei meccanorecettori della capsula articolare o dell'articolazione, ma piuttosto da una alterazione ai fusi neuromuscolari presenti nei muscoli peronieri. Per quanto riguarda invece i deficit della percezione, non ci sono studi che hanno

dimostrato come in seguito a traumi distorsivi ci possa essere un interessamento della sensibilità, tuttavia in seguito ad una distorsione acuta viene segnalato un ritardo della velocità di conduzione e un'alterazione della sensibilità cutanea, che possono indicare una paralisi del nervo peroneo comune, ma, come detto prima, non c'è nessuna prova a sostegno di questa affermazione.

- Compromissione neuromuscolare e dei pattern di attivazione o reclutamento: nei pazienti con CAI è stato dimostrato che queste compromissioni sono presenti attraverso la valutazione del tempo di risposta ai riflessi dei muscoli peronieri in seguito ad una perturbazione in inversione o in eversione.
- Compromissione del controllo posturale: per valutare questo parametro molto spesso viene chiesto al paziente di restare in equilibrio in appoggio monopodalico, muovendosi il meno possibile, per un periodo che varia dai 10 ai 30 secondi, e viene effettuato prima sull'arto colpito da distorsione e poi su quello sano, prima ad occhi aperti e poi ad occhi chiusi.
- Deficit di forza: sono stati riportati, in seguito a distorsioni, soprattutto deficit di forza in eversione ed in inversione. Non è ancora ben chiara la causa di questi deficit. (13)

Tuttavia, come afferma Hiller (14) nel suo studio, ci sono stati casi di alcuni pazienti che hanno sofferto sia di instabilità di tipo meccanico, quindi ad esempio lassità legamentosa in seguito ad una distorsione, sia di instabilità di tipo funzionale, come un'alterata propriocezione, che però non hanno sofferto di ricorrenti distorsioni di caviglia. Questo ha portato Hiller a proporre un nuovo tipo di modello che definisce l'instabilità di caviglia come l'insieme di tre insiemi, aggiungendo ai due già precedentemente citati nello studio di Hertel l'insieme "ricorrenti distorsioni", che quindi

non sarà più la sovrapposizione degli insiemi instabilità meccanica e instabilità funzionale, ma sarà esterno ad essi, andando a formare 7 sottocategorie, che sono la combinazione o meno dei 3 insiemi. Inoltre

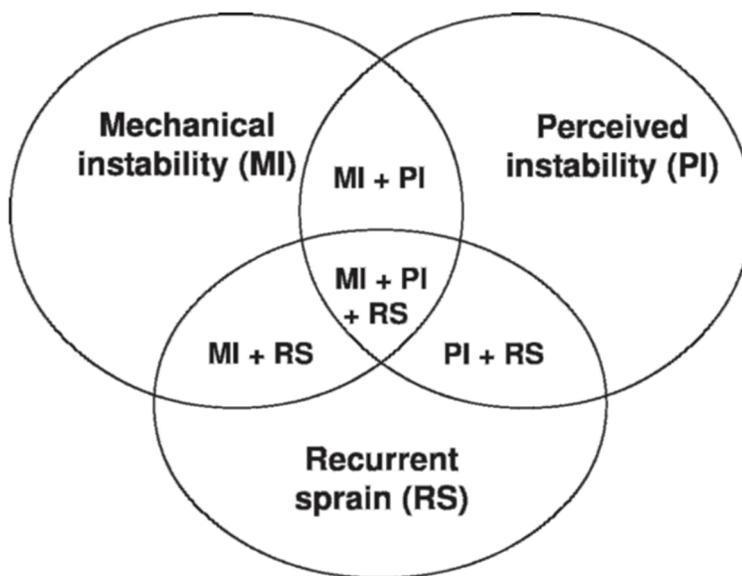


Figura 4: Modello di Hiller (14)

Hiller ha modificato nel suo modello il termine “funzionalmente instabile” con “instabilità percepita”, questo perché il nuovo termine rende più chiaro e distingue maggiormente il concetto di limitazioni coinvolte nell’instabilità cronica di caviglia, dalle limitazioni funzionali o da quelle nelle attività, che possono derivare da questa patologia o coesistere con essa.

Dallo studio di Holme si è visto che, passati 4 mesi da una distorsione di caviglia, sia in soggetti che non avevano seguito alcun tipo di riabilitazione, sia in pazienti che avevano eseguito una riabilitazione incentrata sul controllo dell’equilibrio e la coordinazione, i deficit nel controllo posturale diminuivano o non erano più presenti. C’è da dire però che, per quanto riguarda i primi, hanno avuto più del doppio delle probabilità di andare incontro a ricorrenti distorsioni di caviglia, rispetto a quelli che hanno effettuato della riabilitazione nei mesi seguenti alla distorsione. (15)

### 3. SISTEMA PROPRIOCETTIVO

#### 3.1 RECETTORI PROPRIOCETTIVI E TATTILI

Con il termine propriocezione si intende la capacità di percepire e riconoscere la posizione del nostro corpo e degli arti nello spazio. Essa comprende sia una percezione della posizione statica, sia una percezione della posizione in movimento. Questa capacità è indipendente dalla vista, perché anche ad occhi chiusi si riesce a percepire l'esatta posizione del nostro corpo. Questo sistema si basa su delle informazioni che vengono captate e recepite da dei sensori o recettori che hanno diversa provenienza. I propriocettori effettivi sono di due tipi:

- I fusi neuromuscolari, che sono cellule muscolari specializzate, pertanto si trovano all'interno del muscolo. La loro funzione è di controllare la lunghezza dei muscoli, quindi il loro stato di contrazione.
- Gli organi muscolo-tendinei di Golgi sono situati all'interno dei tendini e ne controllano lo stato di contrazione.

Oltre a questi, all'interno delle capsule ci sono delle terminazioni libere che vanno a rilevare determinati parametri, quali la tensione o il movimento dell'articolazione, che servono alla determinazione della posizione. Queste informazioni ricevute verranno poi integrate con le informazioni dall'orecchio interno per dare il senso della propriocezione. Nelle capsule articolari inoltre si possono trovare altri due tipi di recettori, che intervengono nella discriminazione della sensibilità tattile:

- I corpuscoli di Ruffini, sono sensibili alla distorsione della cute e a qualsiasi agente pressoria che agisce su di essa, sono tonici.

- I corpuscoli di Pacini, di dimensione maggiore rispetto ai precedenti, rispondono a pressioni di entità maggiore e soprattutto a vibrazioni e pressioni intermittenti. Sono prevalentemente fascici. (3)

### 3.2 VIE SOMATOSENSORIALI

Questi recettori, che acquisiscono informazioni tattili e propriocettive, inviano stimoli tramite delle vie nervose afferenti, chiamate vie somatosensoriali, al sistema nervoso centrale. All'interno di questo gruppo di vie (somato-sensoriali) si può fare una distinzione in base al tipo di sensibilità che viene trasmessa e in base alla direzione che queste vie prendono.

La prima di queste vie è la via detta "del cordone posteriore" o del lemnisco mediale, che trasporta informazioni riguardanti la propriocezione cosciente, la sensibilità tattile fine, pressoria e vibratoria. Inoltre a sua volta questa via può essere suddivisa in altre due vie, che hanno origini diverse ma che poi si ricongiungono in un'unica destinazione. Queste due vie sono il fascicolo gracile o di Goll e il fascicolo cuneato o di Burdach. La prima di queste due ha origine con l'assone di primo ordine che entra nel sistema nervoso centrale attraverso le radici dorsali e sale formando fascicolo gracile; questo fascio di fibre raccoglie tutte le informazioni sensitive della parte inferiore del corpo (quindi al di sotto di T6). La seconda via è il fascicolo cuneato, che a differenza della precedente, trasporta informazioni provenienti dalla metà superiore del nostro corpo (al di sopra di T6) e questi assoni ascendono formando il fascicolo cuneato. Queste due vie poi ascendono fino al livello del midollo allungato, e qui vanno a fare una sinapsi con i neuroni che si trovano nei rispettivi nuclei, nucleo gracile e nucleo cuneato. L'informazione poi prosegue e gli assoni dei neuroni di

secondo ordine escono dai due fascicoli e proseguono insieme attraverso un altro fascio, denominato lemnisco mediale. Prima di entrare in questo nuovo fascio di fibre, avviene una decussazione, cioè gli assoni lasciano il lato del corpo da cui sono arrivati gli stimoli e vanno nel lato controlaterale; da qui poi arriveranno al talamo, e dal talamo, attraverso l'assone di un neurone di terzo ordine, giungeranno alla corteccia sensitiva primaria controlaterale al lato dello stimolo.

L'altra via che viene interessata dalla trasmissione di stimoli propriocettivi è quella che comprende i fasci spino-cerebellari. Essa invia stimoli riguardanti la contrazione dei muscoli, la tensione dei tendini e la posizione delle varie articolazioni. Questa via, a differenza dei cordoni posteriori, invia però informazioni riguardanti la sensibilità propriocettiva incoscienza, questo perché i neuroni dei fasci spino-cerebellari non fanno sinapsi a livello del talamo, quindi le informazioni che trasporta sono tutte a livello inconscio. Questa via comincia con l'assone del neurone sensitivo di primo ordine che entra nel sistema nervoso centrale attraverso la radice dorsale e una volta arrivato al corno posteriore del midollo, fa sinapsi col neurone di secondo ordine. C'è una distinzione però da fare, perché una volta che il neurone di primo ordine ha fatto sinapsi, i neuroni di secondo ordine ascendono attraverso due fasci distinti: il fascio spino-cerebellare anteriore e il fascio spino-cerebellare posteriore.

La differenza che vi è tra questi due fasci sta nella decussazione: il primo fascio, quello anteriore, è formato da neuroni di secondo ordine che decussano nel midollo spinale, passando al lato controlaterale, e poi ascendono come fascio e, attraverso il peduncolo cerebellare superiore, raggiungono il cervelletto e la sua corteccia. Qui, prima di arrivare alla corteccia cerebellare, avviene la seconda decussazione che riporta le fibre nella metà ipsilaterale del cervelletto. Nel secondo fascio invece, quindi il

posteriore, gli assoni non decussano a livello del midollo spinale, ma salgono fino al peduncolo inferiore del cervelletto, e poi alla sua corteccia, dallo stesso lato da cui provengono gli stimoli che sta trasportando. (3)

### 3.3 PROPRIOCEZIONE ED ESERCIZIO PROPRIOCETTIVO

Come descritto prima, sono numerosi i recettori presenti nei tessuti molli, soprattutto a livello delle articolazioni, per la presenza della capsula articolare, di legamenti e di muscoli e tendini. Una lesione ai tessuti molli, perciò, crea un disequilibrio nella propiocezione e nella cinestesia, andando a influire anche nel controllo neuromuscolare. Quindi, anche nella prima fase dell'allenamento, è importante integrare gli esercizi propriocettivi, affinché fin da subito si possa andare ad agire su quelle vie che sono rimaste danneggiate dal trauma.

È stato dimostrato come gli esercizi a catena cinetica chiusa siano molto più stimolanti, dal punto di vista propriocettivo, rispetto a quelli a catena cinetica aperta, questo perché vengono selezionati anche gruppi muscolari bi-articolari e vengono coinvolte più articolazioni, andando a creare una stimolazione totale della gamba, e quindi attivando più recettori possibili che andranno a inviare informazioni al sistema sensomotorio.

Quindi per il controllo dell'equilibrio e della postura è fondamentale l'inclusione nel trattamento di esercizi mirati alla propiocezione, soprattutto in quei pazienti, come in quelli con instabilità cronica di caviglia, in cui ci sono state lesioni dei tessuti molli e traumi a livello delle articolazioni, in cui c'è stata un'alterazione delle vie afferenti gli stimoli propriocettivi. Perciò è essenziale costruire un programma di esercizi propriocettivi, o di equilibrio, per ristabilire sin da subito le vie che portano le informazioni sensoriali, permettendo così un miglior controllo del movimento e della postura. (16)

## MATERIALI E METODI

### STRATEGIE DI RICERCA

Per raccogliere i dati necessari per questa tesi di revisione è stata effettuata una ricerca nella letteratura usando le banche dati online ScienceDirect, PubMed e PEDro. Inoltre è stata effettuata una ricerca di articoli e di studi che trattavano l'instabilità di caviglia tramite il motore di ricerca Google Scholar. Tutti gli studi raccolti sono stati scritti in lingua inglese.

Per la ricerca degli studi sulla banca dati PubMed sono state utilizzate le parole chiavi *ankle instability*, *chronic ankle instability*, *functional ankle instability*, *ankle sprain* collegate dall'operatore AND ad altre parole chiavi quali *proprioception*, *proprioceptive exercise*, *balance training*, *balance exercises*, *wobble board*, *rehabilitation*.

Non tutte queste parole chiavi sono termini MeSH: *chronic ankle instability* o semplicemente *ankle instability* non sono riconosciute, mentre *ankle sprain* è contenuta nella voce *ankle injuries* insieme ad altri termini quali:

*ankle injury*

*injury, ankle*

*injuries ankle,*

*ankle sprains*

*sprain, ankle*

*sprains, ankle*

*syndesmotic injuries*

*injuries, syndesmotoc*

*injury, syndesmotoc*

*syndesmotoc injury*

Per la ricerca degli articoli da includere in questa revisione sono state utilizzate le parole chiave citate precedentemente sotto forma di stringhe:

*chronic AND ("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND ("proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception") 120 articoli*

*("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND proprioceptive AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise") 35 articoli*

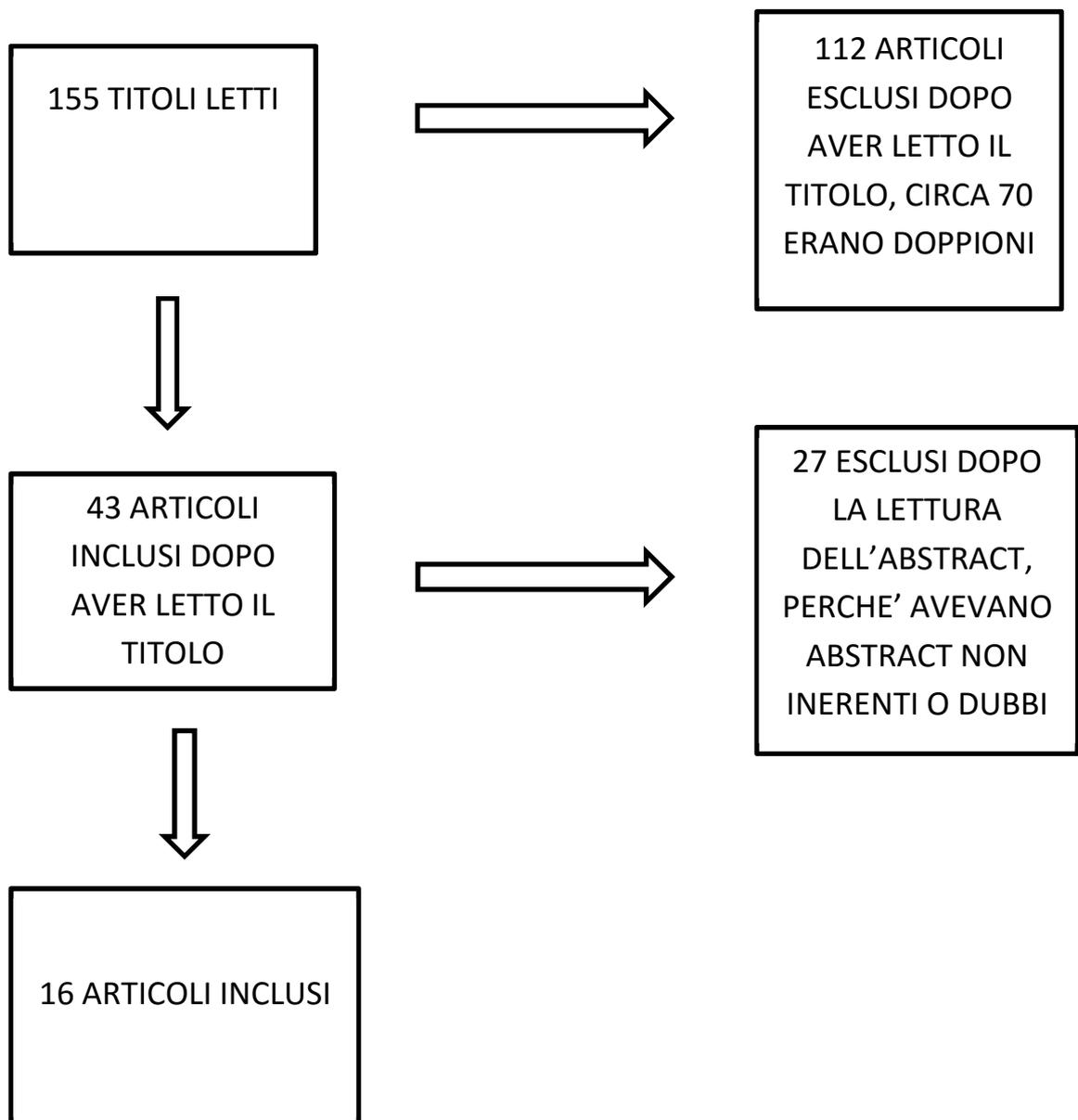
*("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND ("Balance"[Journal] OR "balance") AND ("education"[Subheading] OR "education" OR "training" OR "education"[MeSH Terms] OR "training")) 89 articoli*

*("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND wobble AND board 9 articoli*

*chronic AND ("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND ("Balance"[Journal] OR "balance") AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise") 40 articoli*

*chronic AND ("ankle"[MeSH Terms] OR "ankle" OR "ankle joint"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "joint") OR "ankle joint") AND instability AND ("rehabilitation"[Subheading] OR "rehabilitation" OR "rehabilitation"[MeSH Terms])* 229 articoli

*("ankle injuries"[MeSH Terms] OR ("ankle" AND "injuries") OR "ankle injuries" OR ("ankle" AND "sprain") OR "ankle sprain") AND ("proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception")* 446 articoli.



Gli articoli che sono stati inclusi sono così suddivisi: 1 revisione sistematica, 12 RCT e 3 studi di coorte. La revisione includeva 4 articoli che sono presenti anche tra gli studi inclusi per questa tesi e sono 2 RCT e 2 studi di coorte.

## CRITERI DI INCLUSIONE ED ESCLUSIONE

Negli studi che ho selezionato per questa revisione, gli autori hanno usato diversi criteri di inclusione ed esclusione: i criteri di inclusione utilizzati in pressoché tutti gli studi si basavano sul fatto che i soggetti che partecipavano ad esso dovevano soffrire di instabilità cronica di caviglia, definita come una storia di una o più distorsioni di caviglia nell'ultimo anno (8)(17)(18)(19)(20), o negli ultimi due in alcuni studi. (21)(22)(23)(24)(25) In alcuni casi, veniva menzionato come criterio di inclusione anche la sensazione di instabilità vera e propria dell'articolazione, oppure di "giving-way" cioè di cedimento della stessa. (19)(20)(22)(23)(24)(30) Inoltre, in alcuni casi, si andava a valutare e quantificare il grado dell'instabilità della caviglia attraverso alcuni questionari, quali "Ankle Instability Instrument" e il "Functional Ankle Disability Index" (FADI) e la sua variante, cioè il FADI Sport, con cui, attraverso le risposte date dai partecipanti nelle varie aree del questionario, veniva calcolato un punteggio che poi aveva rilevanza per l'inclusione o l'esclusione dallo studio. (8)(26)(30) Solo in un caso, cioè nello studio di Rozzi et al (28) non sono stati adottati questi criteri d'inclusione, ma la selezione dei partecipanti è stata fatta in base al RoM attivo della caviglia, che doveva essere di almeno 15° di dorsiflessione e 45° di flessione plantare e in base alla capacità dei soggetti di completare i test. I criteri di esclusione che sono stati utilizzati, invece, riguardavano soprattutto la storia o il quadro clinico del paziente al momento dell'inclusione nello

studio: i soggetti che venivano selezionati non dovevano avere gonfiore o processi infiammatori in atto nella caviglia e in uno studio venivano esclusi anche i soggetti che avevano un RoM limitato alla caviglia. Inoltre i pazienti non dovevano partecipare ad altri programmi riabilitativi nel momento in cui venivano selezionati per lo studio, cioè quando venivano effettuati i test, e anche nel periodo durante lo studio. In molti studi venivano esclusi anche quei soggetti che avevano riportato infortuni nelle sei settimane precedenti ai test dello studio, soggetti che avevano avuto fratture o interventi chirurgici agli arti inferiori e/o infortuni alla testa, che soffrivano di disturbi all'equilibrio e vestibolari, neuropatie e diabete. (8)(17)(18)(19)(20)(21)(22)(23)(24)(25)(26)(27)(28)(29)(30)

Oltre a questi criteri, che sono serviti molto per la scelta degli articoli da includere in questa revisione, e, fondamentali soprattutto per dare una definizione di instabilità cronica di caviglia o quantomeno per delinearle un profilo, ho utilizzato altri criteri di inclusione ed esclusione legati alla ricerca degli studi:

- Gli studi dovevano essere “Free full text”, ossia doveva essere possibile, una volta letto l'abstract, accedere all'intero articolo senza dover comprarlo o, semplicemente, che ci fosse la disponibilità per visionarlo nell'insieme.
- Gli studi dovevano essere scritti in lingua in inglese.
- Negli studi doveva essere trattata l'instabilità cronica di caviglia con esercizi propriocettivi, di equilibrio o coordinazione. Venivano esclusi studi in cui venivano trattati pazienti con un solo episodio di distorsione di caviglia, e quindi con distorsioni in acuto, e studi in cui venivano trattati pazienti con altre metodiche diverse da esercizi che modificano la propriocezione.
- Studi che sono stati pubblicati non più di 20 anni fa.

- Studi che hanno un livello di evidenza non inferiore a 2b.

## LIVELLI DI EVIDENZA E FORZA DELLE RACCOMANDAZIONI CLINICHE

Per valutare l'evidenza scientifica degli studi selezionati, è stato scelto il metodo che l'Evidence Based Medicine (EBM), o medicina basata sulle evidenze, utilizza per valutare quanto una fonte sia affidabile rispetto ad un'altra. Quindi è stata creata una "piramide delle gerarchie", per definire, attraverso una scala in cui il tipo di studio più in alto è il più affidabile e quello più in basso il meno affidabile.

GRADO DI RACCOMANDAZIONE	LIVELLO DI EVIDENZA	TIPO DI EVIDENZA
A	1a	Revisioni sistematiche di RCT
A	1b	RCT
B	2a	Revisione sistematiche di studi di coorte
B	2b	Studi di coorte
B	3a	Revisioni sistematiche di studi caso-controllo
B	3b	Studi caso-controllo
C	4	Studi descrittivi o di casistica
D	5	Opinioni di esperti

TABELLA 1: Livelli di evidenza (31)

## RISULTATI

Nella tabella 2 sono elencati i vari articoli e i loro dati:

AUTORE	TIPO DI STUDIO/LIVELLO DI EVIDENZA	PARTECIPANTI	TIPO DI TRATTAMENTO	OUTCOMES	RISULTATI	CONCLUSIONI
McKeon et al 2009	RCT /1b	Balance training group: 16 Control group: 15	Quattro settimane di riabilitazione incentrata sulla stabilizzazione dinamica dell'equilibrio, in piedi, con un arto solo poggiato al suolo.	Misure cinematiche di inversione/eversione del retro piede, rotazione dello stinco e la relazione d'accoppiamento tra questi due segmenti durante tutto il ciclo gait sia durante la deambulazione che durante la corsa su un tapis roulant. Valutati inoltre cassetto anteriore e lassità in inversione.	Nessuna significativa alterazione cinematica nell'inversione/eversione o nella rotazione dello stinco è stata trovata, sia durante la deambulazione che durante la corsa. Significativa diminuzione nella variabilità di accoppiamento stinco/retropiede durante la deambulazione. Il gruppo di controllo non ha subito alterazioni significative. Non c'è stato nessun cambiamento nella lassità in entrambi i gruppi.	Esercizi di equilibrio alterano significativamente la relazione tra rotazione dello stinco e inversione/eversione del retro retro piede.
Sefton et al 2011	Studio di coorte prospettico/2b	Balance training group: 12 (partecipanti con CAI), Control group: 9 (volontari sani)	Sei settimane di riabilitazione che consiste in una piattaforma per l'equilibrio che contiene un labirinto di marmo che fornisce 4 livelli di difficoltà	Equilibrio statico (centro di pressione), equilibrio dinamico (Star Excursion Balance Test), cinestesia, eccitabilità dei motoneuroni.	Risultati migliori dai soggetti che hanno seguito il trattamento rispetto a quelli del gruppo di controllo nell'equilibrio dinamico, nell'eccitabilità dei motoneuroni, nell'inibizione presinaptica in appoggio monopodalico e negli errori nel riconoscimento della posizione dell'articolazione in inversione. Non è stata individuata nessuna differenza sistematica per l'equilibrio statico e nei compiti di riconoscimento della flessione plantare della caviglia.	Dopo la riabilitazione con esercizi di equilibrio migliorano equilibrio dinamico, percezione della posizione della caviglia in inversione e cambia l'eccitabilità dei motoneuroni

Han et al 2009	RCT/1b	Exercise CAI: 10, Control CAI: 10, Exercise healthy: 10, Control healthy: 10.	Quattro settimane di riabilitazione con esercizi con elastici.	Equilibrio in piedi, misurato come distanza di percorrenza totale (TTD) del centro di pressione (CoP) usando una piattaforma di forza.	Non c'è stata nessuna interazione tra genere, storia di distorsioni o gruppi di esercizio. L'equilibrio si è migliorato nei soggetti con o senza storia di distorsioni di caviglia che hanno seguito il programma di 4 settimane di esercizi con elastici.	Miglioramento dell'equilibrio sia nei soggetti con CAI che in quelli senza. Non c'è certezza che gli elastici abbiano portato ad una riduzione dell'instabilità funzionale o della ricorrenza di distorsioni.
McKeon et al 2008	RCT/1b	Balance training group: 16 Control group: 15	Quattro settimane di riabilitazione con esercizi di equilibrio.	Equilibrio statico (centro di pressione) ed equilibrio dinamico (Star Excursion Balance Test), FADI e FADI Sport.	Miglioramento della situazione iniziale testata con i questionari FADI e FADI Sport, migliorato l'equilibrio dinamico nelle direzioni posteromediali e posterolaterali e migliorato l'equilibrio statico ad occhi chiusi.	Dopo la riabilitazione ci sono stati miglioramenti delle funzioni, riferite dal paziente attraverso i questionari, e un miglioramento dell'equilibrio sia statico che dinamico.
Kidgell et al 2007	RCT/1b	Dura disc group: 7 Mini-trampoline group: 6 Control group: 7	Sei settimane di riabilitazione con dura disc o Mini- trampoline, associati ad altri esercizi di equilibrio.	Oscillazione posturale, misurata come equilibrio statico su piattaforma di forze (centro di pressione).	Miglioramento sia con Mini-trampoline che con dura disc. Nessun miglioramento significativo nel gruppo di controllo e nessuna differenza significativa tra i due gruppi precedenti.	Miglioramento nell'equilibrio statico dopo sei settimane di riabilitazione e non è stata riscontrata nessuna differenza significativa tra dura disc e Mini-trampoline, per cui sono entrambi efficaci. Ridotti i deficit propriocezionali e le oscillazioni posturali.

Rozzi et al 1999	nonrandomiz ed 2-group pretest- posttest design/2b	Experimental group: 13 (CAI) Control group: 13 (soggetti sani)	Quattro settimane di trattamento con esercizi con piattaforma oscillante e feedback visivo su schermo.	Ankle Joint Functional Assessment Tool (AJFAT), equilibrio dinamico e statico (Test su piattaforma ad alta e bassa resistenza).	Dopo l'allenamento, i soggetti hanno dimostrato un miglioramento nelle abilità di equilibrio sia nel gruppo con soggetti affetti da instabilità di caviglia, sia in quello con i soggetti sani. I risultati sono stati migliori sia nel punteggio dell'AJFAT, sia per la valutazione fatta con le piattaforme a bassa ed alta resistenza.	Sono stati registrati miglioramenti su ogni outcome e su entrambi i gruppi. Questo trattamento migliora la propriocezione e le abilità in appoggio monopodalico.
Julie N Bernier, David H Perrin 1998	RCT/1b	Control group: 14 Sham group: 14 (sono state usate stimolazioni elettriche) Experimental group: 17	Sei settimane di riabilitazione con esercizi di equilibrio.	Percezione della posizione dell'articolazione e stabilità posturale (indice di oscillazione e "modified equilibrium score"	Risultati significativamente migliori dal gruppo con esercizi di equilibrio rispetto al gruppo di controllo o quello con correnti elettriche nel "modified equilibrium score". Non ci sono state differenze significative per la percezione della posizione o nell'indice di oscillazione posturale.	Dai risultati ottenuti si nota come un trattamento con esercizi di equilibrio e coordinazione modifica alcuni parametri delle oscillazioni posturali e non è chiaro se migliora la propriocezione.
Eils and Rosenbaum 2001	Studio di coorte/2b	Experimental group: 20 control group: 10	Sei settimane di riabilitazione con esercizi di equilibrio con utilizzo di varie attrezzature.	Percezione della posizione della caviglia, oscillazioni posturali (piattaforma di forze e CoG) e tempo di reazione muscolare.	Sono stati ottenuti miglioramenti nella percezione della posizione della caviglia, nelle oscillazioni posturali e nei tempi di reazione muscolare. Il 90% dei partecipanti ha compilato il questionario dopo un anno, è risultata una diminuzione del 60% delle distorsioni in inversione di caviglia.	Questo programma di esercizi propriocettivi multi- stazione è efficace contro le ricorrenti distorsioni di caviglia.
Cloak et al 2010	RCT/1b	Whole Body Vibration Training group: 19 (WBVT) Control group: 19	Sei settimane di trattamento con esercizi progressivi con vibrazioni.	Distanza di raggiungimento normalizzata (Star Excursion Balance Test), frequenza media della potenza (fmed) e distribuzione del centro di massa (COM).	Miglioramenti significativi sono stati registrati nel gruppo WBVT nell'esecuzione del Star Excursion Balance Test e nella distribuzione del COP. Nessuna differenza significativa nella frequenza media.	Dopo la riabilitazione c'è stato un miglioramento nell'equilibrio dinamico e statico ma non nella fatica muscolare.

Cloak et al 2013	RCT/1b	Vibration and wobble board group: 11 wobble board group: 11 control group: 11	Sei settimane di esercizi con vibrazioni e pedana oscillante o solo con pedana oscillante	Distribuzione del centro di massa (COM), Single Leg Triple Hop for Distance (SLTHD) e Star Excursion Balance Test (SEBT).	Nel gruppo con tavola oscillante e vibrazioni si è ridotta la distribuzione del COM, è aumentato il raggiungimento delle distanze con SEBT e aumentato anche SLTHD maggiormente, rispetto al gruppo con tavola oscillante sola.	La combinazione di vibrazioni e pedana oscillante, rispetto alla sola pedana, migliora in maniera maggiore la propriocezione.
Mettler et al 2015	RCT/1b	Balance training group: 16 No Balance training group: 15	4 settimane di riabilitazione con esercizi di equilibrio in posizione monopodalica	Frequenza del punto del CoP in ogni sezione del piede che è stato diviso in 16 sezioni.	La posizione del CoP è passata da essere anteriore ad essere più posteriore, sia nelle prove ad occhi aperti che in quelle ad occhi chiusi. Nel gruppo di controllo è rimasta invariata.	La posizione del CoP è passata da anterolaterale a posterolaterale. Il programma potrebbe aver riparato alcune delle vie del sistema sensomotorio.
Tabish Fahim, Pryianka Chugh 2013	RCT/1b	Neuromuscular group: 15 Functional balance group: 15	Neuromuscolare: esercizi di rinforzo muscolare e per la core stability Balance group: esercizi vari per l'equilibrio	Equilibrio statico negli arti inferiori.	Non è stata rilevata nessuna differenza significativa dai risultati ottenuti tra i due gruppi, per cui non c'è un trattamento migliore dell'altro.	Dopo l'analisi dei risultati si è visto che entrambi i trattamenti migliorano l'equilibrio statico nei soggetti con CAI

Victoria Clark, Adrian Burden 2005	RCT/1b	Exercise group: 10 Control group: 9	4 settimane di riabilitazione con pedana oscillante	Insorgenza dell'attività muscolare e percezione della stabilità della caviglia (AJFAT).	Dopo il trattamento c'è stata una diminuzione del tempo di attivazione dei muscoli tibiale anteriore e peroneo lungo. Migliorata anche la percezione della stabilità.	Ridotta la probabilità di distorsioni secondarie e aumentate la percezione e la stabilità della caviglia.
Lee et al 2008	Studio di coorte/2b	Unico gruppo di 12 persone, presi in esame arto con CAI e arto "non-injured" (NI)	12 settimane di trattamento con esercizi con una piattaforma per la biomeccanica della caviglia	Raggio medio dell'escursione del centro di pressione (CoP) mentre si ha gli occhi aperti e gli occhi chiusi, l'errore assoluto dall'angolo di riferimento durante il test del senso di riposizionamento attivo (ARS) e quello passivo (PRS).	Dopo le 12 settimane di trattamento è stato dimostrato che il raggio medio del centro di pressione in appoggio monopodalico e l'errore assoluto su un angolo prestabilito della caviglia in cui il paziente soffre di instabilità funzionale si sono ridotti in maniera significativa.	Miglioramenti nella stabilità posturale che indicano un aumento dell'abilità neuromuscolare e una stabilità articolare migliore.
Ben Moussa Zouita et al. 2013	RCT/1b	Experimental group: 8 (instabilità di caviglia unilaterale) Control group: 8 (caviglie non compromesse)	Programma di 8 settimane di trattamento con esercizi con palla balance e board e senza l'utilizzo di attrezzature.	Equilibrio statico, misurato come velocità delle oscillazioni posturali ad occhi aperti e chiusi (piattaforma di forze) e forza isocinetica.	Dopo il trattamento ci sono stati significativi miglioramenti: incremento della forza massima, diminuzione dei tempi di accelerazione e decelerazione a livello dei flessori plantari e una miglior stabilità dell'arto infortunato a lenta e media velocità. Non ci sono stati miglioramenti significativi nell'arto sano.	Gli esercizi propriocettivi possono stabilizzare una caviglia attraverso il controllo muscolare e posturale. In 8 settimane potrebbe non essere stato raggiunto il massimo risultato. Non si sa fino a che punto questi risultati verranno mantenuti nel tempo.

## DISCUSSIONE

In questa revisione sistematica sono stati utilizzati numerosi RCT: su 16 articoli totali 1 è una revisione, 12 sono trial clinici randomizzati e 3 sono studi di coorte. Per cui 13 articoli su 16 hanno un livello di evidenza medio-alto, pari all'81% del totale.

Negli studi inclusi in questa revisione sono stati utilizzati approcci e metodiche diversi per il trattamento, sebbene tutti avessero come scopo quello di migliorare la propriocezione o l'equilibrio. Oltre a trattamenti diversi, in cui si poteva far uso di particolari attrezzature, come elastici o pedane oscillanti, oppure semplicemente avvalersi di esercizi per l'equilibrio in appoggio sull'arto con la caviglia instabile, nei vari articoli c'è stata una grande varietà di variabili e outcome diversi tra di loro. È stato però possibile estrapolare dagli studi 3 parametri che si ripetevano con frequenza maggiore, e che quindi hanno reso possibile un confronto trasversale tra i vari studi.

La misura di outcome più presente di tutti è quella riguardante l'equilibrio statico: su 15 studi totali è presente in 11. In 10 studi è risultato alla fine del trattamento un miglioramento dell'equilibrio statico. Nello studio di Sefton et al. (8), invece, l'equilibrio statico alla fine del ciclo di riabilitazione non ha dato i risultati attesi, ossia non è migliorato significativamente.

In quasi tutti gli studi in cui veniva utilizzato l'equilibrio statico come misura di riferimento per l'efficacia del trattamento, si faceva uso di una piattaforma di forze in cui il soggetto doveva stare in equilibrio e doveva essere registrato il "Center of Pressure" (CoP), ossia come si distribuiva nel piede il peso corporeo. Questo veniva registrato prima e dopo il trattamento, e venivano osservate le variazioni del punto nelle aree del piede e la velocità con cui questo variava. Nello studio di Mettler et al. (30)

è stato diviso il piede in 16 aree e il peso tendeva a distribuirsi nei quadranti più centrali che corrispondevano alle zone antero-laterale, antero-mediale, postero-laterale e postero-mediale. Nei test iniziali la posizione del CoP era più antero-laterale nei partecipanti con CAI, questo perché chi soffre di frequenti distorsioni tende ad assumere delle strategie di compenso, come appunto un atteggiamento di leggera supinazione e dorsiflessione del piede, che distribuisce il carico più lateralmente e anteriormente, dando una posizione più stabile alla caviglia e alla sottoastraglica e una diminuzione del senso di cedimento e instabilità. Dopo il trattamento il centro di pressione si è modificato, diventando postero-laterale, mentre nei soggetti che non hanno eseguito il trattamento con esercizi di equilibrio non ci sono stati significativi cambiamenti. Questo sta a significare che gli esercizi di equilibrio hanno favorito la posteriorizzazione del carico sul piede e questo può aver migliorato il sistema sensomotorio. Secondo l'autore questo miglioramento è stato ottenuto grazie alla sensibilizzazione dei fusi neuromuscolari presenti nel Soleo, data dall'allenamento specifico con esercizi di equilibrio, che ha diminuito la necessità di allungare il soleo per attivare i fusi. (30).

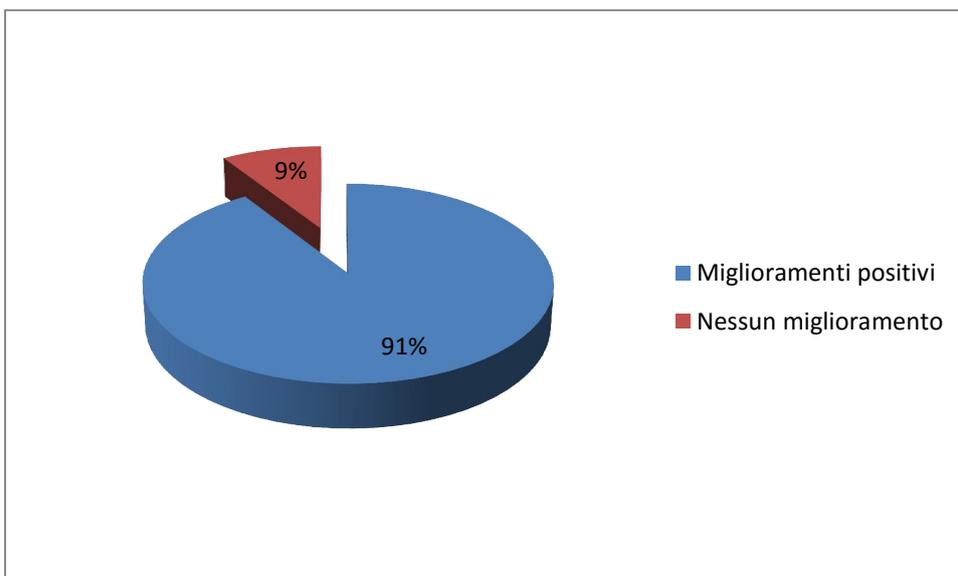


Figura 5: Grafico sull'equilibrio statico

La seconda misura che è emersa dagli studi è l'altra componente dell'equilibrio, l'equilibrio dinamico: sui 15 studi è presente in almeno 5 studi e in tutti gli articoli è risultato alla fine del trattamento un miglioramento. Negli studi di Sefton et al. (8), McKeon et al. (27) e nei due studi di Cloak et al. (22)(23) l'equilibrio veniva testato attraverso lo Star Excursion Balance Test. Questo test consiste nello stare in equilibrio su un arto solo, e con l'altro arto libero seguire delle linee tracciate nel pavimento con del nastro, che corrispondono alle direzioni anteriore e posteriore, mediale e laterale e alle intersezioni che si formano tra queste. Solo alcune direzioni vengono osservate per valutare l'equilibrio dinamico: nello studio di McKeon et al. (27) vengono utilizzate le sole direzioni anteriore, postero-mediale e postero-laterale. Questo perché sono le uniche direzioni con cui è stato dimostrato che viene valutato il solo parametro dell'equilibrio dinamico o controllo posturale dinamico. Nello studio di McKeon i risultati finali sono stati significativi solo per le direzioni postero-mediale e postero-laterale. Questo è comunque un risultato buono per lo scopo dello studio, infatti l'autore afferma che questi miglioramenti, dovuti all'allenamento dell'equilibrio, possono essere legati a una diminuzione dei vincoli presenti nel sistema sensomotorio. (27)

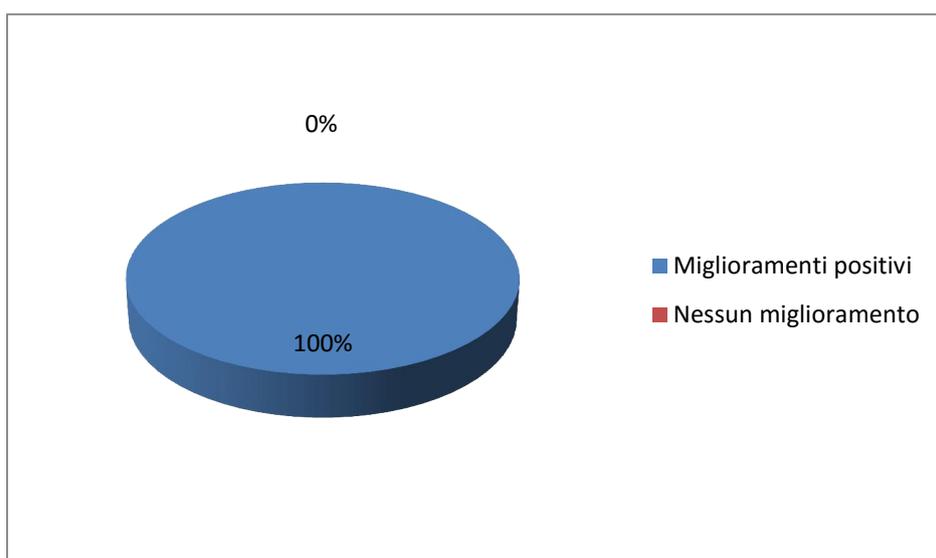


Figura 6: Grafico sull'equilibrio dinamico

L'ultima misura rinvenuta dalla lettura degli articoli è quella riguardante la percezione della posizione della caviglia: su 15 studi totali è stata utilizzata come unità di misura dell'efficacia del trattamento in 4 studi, in 3 di questi è risultato un miglioramento alla fine del trattamento, in uno studio non sono risultati significativi miglioramenti. La misurazione di questo parametro non è stata effettuata in tutti gli studi con lo stesso metodo e con le stesse attrezzature. Lo studio che non ha dato esiti positivi è lo studio di Julie N. Bernier e David H. Perrin (18): dai risultati ottenuti si è visto che la percezione della posizione eseguita passivamente era migliore di quella eseguita attivamente. Molto probabilmente, come spiegato dagli autori, una possibile causa di questa differenza è che i propriocettori contenuti nei muscoli sono stimolati da cambiamenti o variazioni rapide della posizione del corpo: infatti nello studio è stata utilizzata una velocità relativamente lenta nei test e questo può aver portato ad una interferenza col normale funzionamento dei propriocettori muscolari. Come è stato dimostrato nello studio di Lee et al. (19), che ha utilizzato i parametri e le metodiche del test presente nello studio di Bernier e Perrin (18), solo modificando la velocità del dinamometro, portandola a 500°/sec, a differenza del test di cui si sono avvalsi i due autori, in cui hanno utilizzato una velocità di 5°/sec, sono stati ottenuti significativi miglioramenti nelle prove di riposizionamento della caviglia attivamente e passivamente. Quindi il fallimento nello studio precedente a quello di Alex J.Y. Lee può essere dovuto proprio ad un errore nei test; non è da escludere, comunque, che possa aver influito nei risultati ottenuti anche la durata dello studio e il tipo di trattamento: nello studio più recente il trattamento durava 12 settimane ed era basato sull'utilizzo del "Biomechanical Ankle Platform System" (BAPS) mentre nello studio del 1998 il trattamento durava la metà, ossia 6 settimane, e si basava su esercizi per l'equilibrio con l'utilizzo di pedana oscillante e l'esecuzione di salti o altri esercizi ad occhi aperti e chiusi. In sintesi è possibile che lo studio di

Bernier e Perrin sia stato falsato da un test non eseguito correttamente, ma è anche possibile che la durata maggiore del trattamento e una riabilitazione di tipo diverso abbiano portato a risultati opposti.

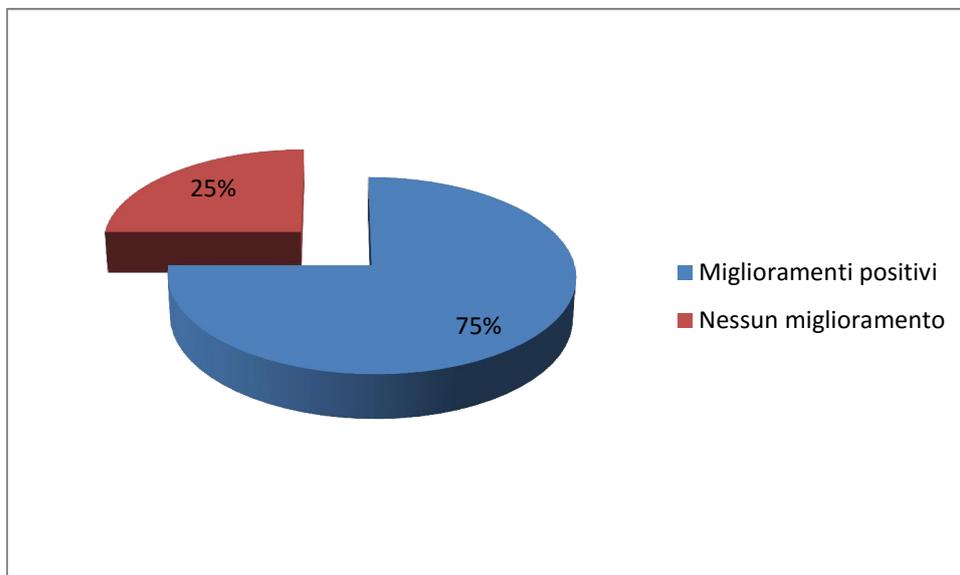


Figura 7: Grafico sulla percezione della posizione

Almeno uno di questi 3 parametri è presente in tutti gli studi, tranne che nello studio di McKeon et al. (26) in cui è stata valutata l'andatura e il passo, e quindi la cinematica della caviglia. In questo studio sono state valutate le misure cinematiche di inversione/eversione del retropiede, rotazione dello stinco e la relazione che si forma dall'accoppiamento di questi due segmenti durante tutto il ciclo del passo, sia camminando che correndo. Inoltre sono stati valutati il cassetto anteriore e lassità in inversione del tallone. I risultati ottenuti non sono stati così ottimali: non ci sono stati miglioramenti significativi nelle misure cinematiche di inversione/eversione del retropiede e nella rotazione dello stinco, mentre c'è stata una diminuzione della variabilità dell'accoppiamento stinco/retropiede durante la deambulazione che dimostra che è aumentata la stabilità dell'accoppiamento. Non ci sono stati modificazioni significative

neanche nella lassità. Sebbene questo articolo non abbia utilizzato gli outcome presenti anche negli altri studi, è stato utile osservare come gli esercizi di equilibrio abbiano un'importanza significativa anche nella cinematica della caviglia e nella deambulazione. Sarebbero utili ulteriori studi per valutarne tutti i parametri e eventuali cambiamenti.

In molti studi è stata valutata la stabilità dell'articolazione attraverso dei questionari che venivano somministrati prima del trattamento e alla fine. Questo, a mio parere, ha una importanza molto significativa nel trattamento perché a differenza dei parametri citati precedentemente, che sono misurazioni che riportano dati oggettivi sulla stabilità e sull'equilibrio e che hanno un'importanza statistica rilevante, i questionari che vengono completati dai pazienti rappresentano la percezione soggettiva del paziente della stabilità. Quindi seppur i dati soggettivi solitamente sono meno influenti di quelli oggettivi, in questo caso possono essere considerati di pari livello, dato che oltre l'aspetto quantitativo del miglioramento delle misurazioni eseguite prima del trattamento, è importante anche l'aspetto qualitativo del trattamento, ossia come ha migliorato l'instabilità del paziente. Questo è importante perché come mostrato nei modelli precedenti, una delle tre aree che viene coinvolta nell'instabilità di caviglia è quella dell'instabilità percepita, per cui è fondamentale anche l'aspetto della percezione corporea che il paziente riferisce di avere alla fine del trattamento. Gli studi che hanno utilizzato i questionari come variabile per la misurazione della stabilità sono 3 e sono gli studi di McKeon et al. (27), Rozzi et al. (28) Clark e Burden (25). Nel primo studio è stato utilizzato il "Foot & Ankle Disability Index" (FADI) che analizza per lo più il grado delle funzioni compromesse e quali, di queste, sono state colpite nel paziente con caviglia instabile; inoltre c'è una sezione apposita per quelle attività che sono incluse nello sport, come correre, saltare o i cambi di direzione, e per il dolore. Nel secondo e terzo studio è stato usato un altro

questionario, “Ankle Joint Functional Assessment Tool” (AJFAT), che tratta sia il dolore e il gonfiore che la percezione di stabilità e di forza. Inoltre vengono richieste anche come sono alcune abilità nella caviglia patologica, come i cambi di direzione o semplicemente la corsa. In ogni voce del questionario si paragona la caviglia patologica con l’altra caviglia. Negli studi in cui questi questionari sono presenti si sono ottenuti tutti risultati positivi, con i pazienti che alla fine del trattamento hanno ottenuto un punteggio superiore rispetto a quando è stato compilato prima del trattamento.

Oltre a questa batteria di studi, è stata inclusa una revisione di 2 RCT e 2 studi di coorte che sono presenti anche in questa tesi. La revisione di Wortmann e Docherty (31) prende in esame gli studi condotti da Bernier and Perrin(18), Mckeon et al. (27), Eils e Rosenbaum (29) e Sefton et al. (8) Le conclusioni che i due autori della revisione hanno ottenuto sono in linea con quelle ottenute da questa tesi: c’è una moderata evidenza che un programma di 4-6 settimane di esercizi di equilibrio possa migliorare l’equilibrio statico e dinamico e, di conseguenza, che anche la stabilità della caviglia possa essere migliorata in seguito a questo trattamento.

Una difficoltà, e soprattutto un limite riscontrato durante la lettura di questi articoli, è stata che molti autori nella discussione non menzionano miglioramenti al sistema sensomotorio o alla propriocezione, ma solamente miglioramenti dell’equilibrio o della stabilità dell’articolazione. Certamente questi risultati influiscono a livello della percezione corporea e del sistema sensomotorio, ma non in tutti i casi viene affrontato e spiegato il motivo per cui questi cambiamenti avvengono. Sotto questo punto vista, risultati positivi si sono ottenuti negli studi di McKeon et al. (27), Rozzi et al. (28), Mettler et al. (30), Clark e Burden (25), Lee et al. (19). In questi studi alla fine del trattamento veniva segnalato un miglioramento delle abilità

neuromuscolari, della percezione della posizione corporea e della propriocezione. Nel primo studio, ad esempio, gli autori affermano che il trattamento con gli esercizi di equilibrio ha migliorato il sistema sensomotorio e ha permesso di superare i vincoli legati alla instabilità cronica di caviglia. Negli studi di Kyungmo Han et al. (17), Bernier e Perrin (18) Ben Moussa Zouita et al. (20), invece, lo studio si è concluso con dei dubbi, sebbene i risultati siano stati positivi, sulle effettive modificazioni a livello del sistema sensomotorio: nel primo caso non c'è la certezza che gli elastici abbiano ridotto del tutto l'instabilità funzionale e la riduzione delle probabilità di seconde distorsioni, nel secondo studio invece gli autori parlano più dei risultati, diversi da quelli attesi, e cioè che, visto che non è stato ottenuto un miglioramento nei compiti di riconoscimento della posizione della caviglia, non è chiaro se gli esercizi di equilibrio e coordinazione nei soggetti con caviglie funzionalmente instabili possano portare a un miglioramento di questo parametro e quindi della propriocezione; nell'ultimo caso invece gli autori sapevano che il trattamento era stato positivo, ma il quesito che restava era se si erano sfruttate al massimo le potenzialità in sole 8 settimane, o se si potesse ottenere un risultato migliore, e se e per quanto tempo questi effetti potessero perdurare.

Per rispondere ai quesiti di Kyungmo Han et al.(17) e Ben Moussa Zouita et al.(20) si può prevedere al termine del trattamento un follow-up a distanza di 6 mesi o di un anno come descritto nello studio di Eils e Rosenbaum (29) in cui a distanza di un anno è stato somministrato un questionario a tutti i partecipanti allo studio e il 90% di essi ha restituito il questionario con dei risultati molto positivi: a distanza di un anno dal trattamento si è potuto constatare che la frequenza delle distorsioni in inversione è stata ridotta del 60%. Inoltre nessun paziente ha segnalato un incremento nella frequenza delle distorsioni e molti partecipanti hanno

registrato un miglior senso di stabilità. Per cui, sarebbe opportuno in futuro eseguire uno studio o una revisione di studi in cui venga inserito un follow-up per monitorare se il paziente ha avuto un aumento o una diminuzione della frequenza delle distorsioni e che sensazione percepisce nella caviglia, se di stabilità o di instabilità.

## CONCLUSIONI

Dagli studi selezionati è stato possibile rilevare come gli esercizi propriocettivi siano efficaci nel migliorare la situazione patologica dell'instabilità cronica di caviglia e quindi di migliorarne stabilità e propriocezione. Sarebbe utile in futuro osservare se i miglioramenti ottenuti negli studi perdurano nel tempo e, se ci sono altri episodi di distorsione, con quale frequenza avvengono, al fine di valutare l'efficacia del trattamento nel tempo. Inoltre sarebbe utile effettuare anche uno studio su com'è la percezione della caviglia da parte del paziente, con uno studio che analizzi i questionari somministrati prima e dopo il trattamento, in modo tale da creare il presupposto per una ricerca di tipo qualitativo.

## LIMITI DELLO STUDIO

Nella ricerca degli articoli dalle banche dati online è stato difficile reperire articoli da includere nella revisione, questo perché c'è poca letteratura sull'argomento scelto e perché molti articoli non sono "free full text", e quindi o non sono interamente disponibili, oppure se lo sono è necessario comprarli.

## BIBLIOGRAFIA

1. Platzer W. (2007), “*Anatomia umana, atlante tascabile, apparato locomotore*”, Ambrosiana, Rozzano (MI)
2. Benessere.com, “*La caviglia*”. Disponibile online all’indirizzo <http://www.benessere.com>
3. Martini F.H., Timmons M.J., Tallitsch R.B. (2010) “*Anatomia umana*”, EdiSES, Napoli
4. Buccianti M. (2014), “*Efficacia del bendaggio funzionale nell’instabilità cronica di caviglia: revisione sistematica della letteratura*”. Disponibile online all’indirizzo <http://www.tesionline.it>
5. Candela V., “*La distorsione di caviglia*”. Disponibile online all’indirizzo <http://www.medicinaescienza.coni.it/>
6. Loudon J.K., Santos M.J., Franks. L, Liu W. (2008) “*The Effectiveness of Active Exercise as an Intervention for Functional Ankle Instability*”, Sports Medicine, Vol 38, n°7, pag 553-563.
7. McKeon P.O., Hertel J. (2008) “*Systematic Review of Postural Control and Lateral Ankle Instability, Part II: Is Balance Training Clinically Effective?*”, Journal of Athletic Training, Vol 43, n°3, pag 305-315
8. Sefton J.M., Yarar C., Hicks-Little C.A., Berry J.W., Cordova M.L. (2011), “*Six Weeks of Balance Training Improves Sensorimotor Function in Individuals With Chronic Ankle Instability*”, Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol 41, n°2, pag 81-89
9. Mazzieri E., De Palma P. (2009) “*Il trattamento riabilitativo dell’instabilità cronica di caviglia: il ruolo del taping*”. Disponibile online all’indirizzo <http://www.fisiobrain.com/>

10. Di Cecco F. (2013), "*Distorsione di caviglia*". Disponibile all'indirizzo <http://medmedicine.it/>
11. Freeman M.A.R. (1965), "*Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle*", The journal of bone and joint surgery, Vol 47B, n°4, pag 669-677
12. Lee H., Lim K., Jung T., Kim D., Park K. (2008), "*Changes in Balancing Ability of Athletes With Chronic Ankle Instability After Foot Orthotics Application and Rehabilitation Exercise*", Annals of Rehabilitation Medicine, Vol 37, n°4, pag 523-533
13. Hertel J. (2002), "*Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability*", Journal of Athletic Training, Vol 37, n°4, pag 364-375
14. Hiller C.E., Kilbreath S.L., Refshauge K.M. (2011), "*Chronic Ankle Instability: Evolution of the Model*", Journal of Athletic Training, Vol 46, n°2, pag 133-141
15. Holme E., Magnusson S.P., Becher K., Bieler T., Aagaard P., Kjaer M., (1999), "*The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, positionsense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain*" Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, Vol 9, n°2, pag 104–109
16. Kisner C., Colby L.A. (2014), "*Esercizio terapeutico, fondamenti e tecniche*", Piccin Nuova Libreria, Padova
17. Han K., Ricard M.D., Fellingham G.W. (2009), "*Effects of a 4-Week Exercise Program on Balance Using Elastic Tubing as a Perturbation Force for Individuals With a History of Ankle Sprains*", Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol 39, n°4, pag 246-255
18. Bernier J.N., Perrin D.H. (1998), "*Effect of Coordination Training on Proprioception of the Functionally Unstable Ankle*",

Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, Vol 27, n°4,  
pag 264-275

19. Lee A.J.Y., Lin W. (2008) “*Twelve-week biomechanical ankle platform system training on postural stability and ankle proprioception in subjects with unilateral functional ankle instability*”, Clinical Biomechanics, Vol 23, pag 1065-1072
20. Ben Moussa Zouita A., Majdoub O., Ferchichi H., Grandy K., Dziri C., Ben Salah F.Z. (2013), Annals of Physical and Rehabilitation Medicine, Vol 56, pag 634-643
21. Kidgell D.J., Horvath D.M., Jackson B.M., Seymour P.J. (2007), “*Effect of Six Weeks of Dura Disc and Mini-Trampoline Balance Training on Postural Sway in Athletes with Functional Ankle Instability*”, Journal of Strength and Conditioning Research, Vol 21, n°2, pag 466-469
22. Cloak R., Nevill A. M., Clarke F., Day S., Wyon M. A. (2010) “*Vibration Training Improves Balance in Unstable Ankles*”, International Journal of Sport Medicine, Vol 31, n°2, pag 1-7
23. Cloak R., Wyon M., Nevill A., Day S. (2013), “*Six weeks combined vibration and wobble board training on balance and stability in footballers with functional ankle instability*”, International Journal of Sport Medicine, Vol 23, n°5, pag 384-391
24. Fahim T., Chugh P. (2013), “*Effect of 4 Weeks of Neuromuscular Training Vs Functional Balance Training on Static Balance in Those with Chronic Ankle Instability*”, International Journal of Science and Research, Vol 4, n°5, pag 218-223
25. Clark V.M., Burden A.M. (2005), “*A 4-week wobble board exercise programme improved muscle onset latency and perceived stability in individuals with functional ankle instability*”, Physical Therapy in Sport, Vol 6, n°4, 181-187

26. McKeon P.O., Paolini G., Ingersoll C.D., Kerrigan D.C., Saliba E.N., Bennett B.C., Hertel J. (2008), "*Effects of balance training on gait parameters in patients with chronic ankle instability: a randomized controlled trial*", *Clinical Rehabilitation*, Vol 23, n°7, pag 609-621
27. McKeon P.O., Ingersoll C.D., Kerrigan D.C., Saliba E.N., Bennett B.C., Hertel J. (2008), "*Balance Training Improves Function and Postural Control in Those with Chronic Ankle Instability*", *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol 40, n°10, pag 1810-1819
28. Rozzi S.L., Lephart S.M., Sterner R., Kuligowski L. (1999), "*Balance Training for Persons with Functionally Unstable Ankles*", *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol 29, n°8, pag 478-486
29. Eils E., Rosenbaum D. (2001), "*A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability*", *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol 33, n°20, pag 1991-1998
30. Mettler A., Chinn L., Saliba Susan A., McKeon P.O., Hertel J. (2015), "*Balance Training and Center-of-Pressure Location in Participants With Chronic Ankle Instability*", *Journal of Athletic Training*, Vol 50, n°4, pag 343-349
31. Alborghetti E., Marini G. (2014), "*Fisioterapia e riabilitazione del pavimento pelvico nella vulvodinia: revisione della letteratura*", tesi di laurea in fisioterapia
32. Wortmann M.A., Docherty C.L. (2013), "*Effect of Balance Training on Postural Stability in Subject With Chronic Ankle Instability*", *Journal of Sport Rehabilitation*, Vol 22, n°2, pag 143-149