

Matricola 0000808740

Alma mater Studiorum - Università di Bologna

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

Corso di Laurea in Fisioterapia

***L'INIBIZIONE MUSCOLARE ARTROGENICA NELLE
PATOLOGIE DEI TESSUTI MOLLI
DELL'ARTICOLAZIONE TIBIO-TARSICA:
L'APPROCCIO FISIOTERAPICO***

Revisione della letteratura

Studentessa Elisa Ortolani

Relatore Daniele Tosarelli

Anno accademico 2019-2020

I sessione di Laurea

ABSTRACT

Background: L'inibizione muscolare artrogenica (AMI) è una reazione riflessa della muscolatura che circonda un'articolazione dopo una distensione o un danno strutturale. È data dall'alterazione delle informazioni provenienti dai recettori interni all'articolazione e può essere la causa sottostante dell'instabilità funzionale della caviglia.

Obiettivi: L'obiettivo della revisione è quello di studiare l'AMI a livello dell'articolazione tibio-tarsica e i metodi di trattamento più efficaci per diminuire l'inibizione muscolare e la disabilità correlata all'instabilità funzionale.

Materiali e metodi: La strategia di ricerca degli articoli comprende l'utilizzo di motori di ricerca generali come Google Scholar e di database elettronici quali PubMed, Cochrane Library, PEDro e Tripdatabase. I criteri di eleggibilità per la selezione degli articoli sono i seguenti: lingua inglese e disponibilità del full-text; RCTs e/o systematic review e/o meta-analisi.

I partecipanti agli studi sono pazienti che soffrono di instabilità funzionale/cronica della caviglia (P) e sono soggetti a un trattamento riabilitativo (I) volto alla diminuzione della disabilità correlata all'instabilità (O).

Risultati: Dai 75 articoli inizialmente selezionati, 52 sono stati scartati perché non rilevanti, 6 perché doppiati, 12 per disegno di studio inadeguato, domanda di studio non pertinente o outcomes non rilevanti. La revisione si è quindi basata sullo studio di 5 RCTs.

Conclusioni: Sono state individuate cinque tipologie di trattamento diverse: il bendaggio di riposizionamento fibulare (FRT), gli esercizi propriocettivi e di rinforzo combinati a tecniche di terapia manuale, l'utilizzo di dispositivi di destabilizzazione, il programma di allenamento Whole-body Vibration (WBV) e la stimolazione trans-cranica anodica a corrente continua (aTDCS). Tutte hanno dimostrato un livello di efficacia almeno su un parametro della funzionalità articolare e/o della disabilità percepita dal paziente.

Parole chiave: Arthrogenic muscle inhibition, Arthrogenous muscle weakness, Ankle instability, Rehabilitation, Physical therapy.

INDICE

CAPITOLO 1 - Introduzione	pag. 7
CAP. 1.1 - Definizione di inibizione muscolare artrogenica.....	pag. 7
CAP. 1.2 - I fattori neurofisiologici associati all'AMI.....	pag. 7
CAP. 1.3 - Valutazione e misurazione dell'AMI.....	pag. 12
CAP. 1.4 - L'inibizione muscolare artrogenica a livello dell'articolazione tibio- tarsica.....	pag. 12
CAPITOLO 2 - Scopo della revisione	pag. 14
CAPITOLO 3 - Materiali e metodi	pag. 14
CAPITOLO 4 – Risultati	pag. 16
CAP. 4.1 – Selezione degli studi.....	pag. 16
CAP. 4.2 – Qualità metodologica degli studi.....	pag. 17
CAPITOLO 5 – Discussione	pag. 18
CAPITOLO 6 – Conclusioni	pag. 33

CAPITOLO 1 - Introduzione

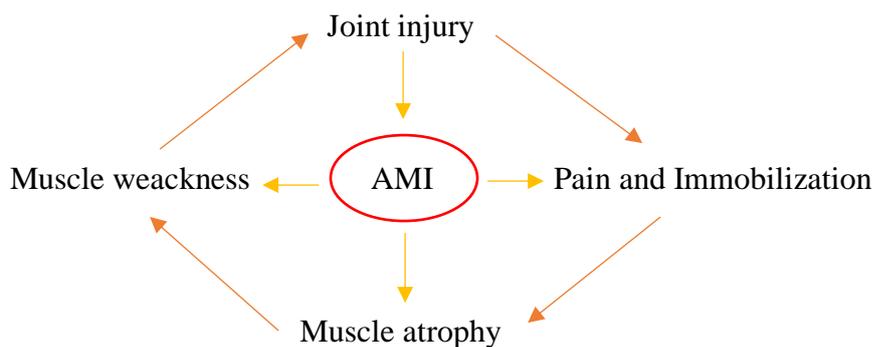
1.1 Definizione di Inibizione muscolare artrogenica

In seguito a patologie acute, croniche o degenerative, traumi o semplici distensioni della capsula articolare, i muscoli circostanti l'articolazione lesa vanno incontro a debolezza. Questo fenomeno è noto come inibizione muscolare artrogenica (Arthrogenic Muscle Inhibition – AMI).

Essa è un riflesso inibitorio pre-sinaptico causato da alterazioni delle informazioni provenienti dai recettori interni all'articolazione (in particolar modo meccanocettori), che condiziona il pool di motoneuroni della struttura articolare interessata, limitando infine la capacità del muscolo di reclutare tutte le unità motorie durante una contrazione massimale [1].

L'AMI è una risposta fisiologica dell'organismo che viene messa in atto per proteggere la zona lesa da ulteriori insulti. L'incapacità di avere una contrazione muscolare efficace e un controllo motorio perfetto scoraggia dall'utilizzo dell'articolazione stessa.

Essa ha un ruolo centrale in ambito riabilitativo in quanto potrebbe portare all'instaurarsi di un circolo vizioso Danno articolare – Dolore e immobilità – Atrofia muscolare – Debolezza – Maggiore suscettibilità – Danno articolare...



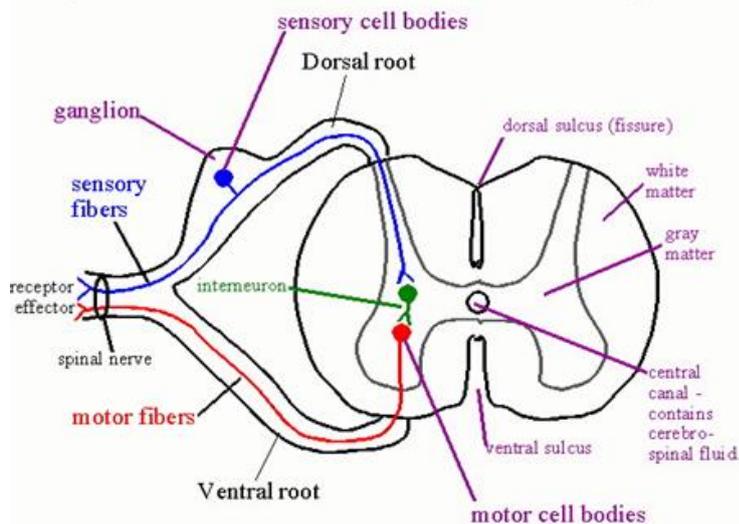
1.2 I fattori neurofisiologici associati all'AMI

Il principio neurofisiologico che sta alla base dell'inibizione artrogenica è tutt'ora in parte sconosciuto e in studio, anche se vi è un comune accordo tra gli autori sulla sua genesi multifattoriale. Nella letteratura internazionale il tema viene affrontato prevalentemente nell'articolazione del ginocchio [2,5,6], in riferimento al muscolo quadricipite, in particolar modo dopo lesione del legamento crociato anteriore (LCA) [7], ma è un meccanismo che si può instaurare in qualunque articolazione.

L'AMI è causata da una modificazione del flusso di informazioni provenienti dai recettori sensoriali presenti nell'articolazione danneggiata [3]. Sono stati identificati alcuni fattori che possono giocare un ruolo importante nella modificazione di tali afferenze, quali: il gonfiore, l'infiammazione, la lassità articolare e il danno ai recettori articolari.

- Il gonfiore articolare causa un'inibizione significativa anche in assenza di infiammazione, dolore e danni strutturali. Ciò è stato dimostrato iniettando soluzioni liquide nelle articolazioni femoro-tibiali di soggetti umani. Il gonfiore aumenta la pressione intra-articolare ed incrementa la scarica delle fibre afferenti di tipo II.
- Studi sperimentali su modelli animali hanno dimostrato che inducendo un'infiammazione (a causa di artrite, lesione dei tessuti peri-articolari, interventi chirurgici) si produce un potente e duraturo cambiamento della sensibilità delle terminazioni nervose a livello articolare innervate da fibre afferenti di tipo III e IV. Nell'uomo si è visto che l'iniezione intra-articolare di anestetico o corticosteroidi riduce l'AMI, probabilmente per la disattivazione di alcune di queste terminazioni sensoriali.
- Un danno strutturale o una degenerazione (lassità articolare) portano a maggiori traslazioni delle superfici articolari durante il movimento e ciò incrementa l'attivazione di mecano- e noci-cettori implicati nel segnalare i limiti del movimento stesso.
- Una lesione delle strutture articolari potrebbe portare ad un danno dei recettori presenti nei tessuti, riducendo così gli output afferenti dall'articolazione. La perdita delle informazioni provenienti dai recettori danneggiati potrebbe portare all'inibizione muscolare.

Spinal Cord - Neuron Relationships



Le afferenze articolari proiettano ampiamente a diverse classi di neuroni spinali, che hanno il potere di influenzare l'eccitabilità del motoneurone alfa attraverso multipli e indipendenti circuiti. Ad oggi ne sono stati individuati tre [8]:

Figura 1. Schema delle relazioni tra neuroni motori e sensitivi – il ruolo degli inter-neuroni

1. Circuito inibitorio non reciproco di gruppo 1

Gli interneuroni Ib, che risiedono nelle lamine VI e VII del midollo spinale, ricevono input dalle fibre di tipo Ib che originano dagli organelli tendinei del Golgi, localizzati in prossimità della giunzione muscolo-tendinea, e da un certo numero di recettori periferici, inclusi quelli articolari di tipo III e IV, che se scaricano in modo anomalo, come in caso di gonfiore, portano ad un'alterata eccitabilità del circuito, inducendo AMI.

2. Riflesso flessorio

Esso produce un pattern facilitatorio per i flessori ed inibitorio per gli estensori. Gli inter-neuroni coinvolti in esso non sono stati ancora chiaramente identificati, anche se recenti evidenze mostrano come i neuroni ad ampio spettro dinamico giochino un ruolo di rilievo nella mediazione di tale riflesso. Questi inter-neuroni sono localizzati nella lamina V del corno dorsale e ricevono input convergenti da un certo numero di diverse afferenze periferiche, tra cui i recettori articolari. Una conseguenza dell'inflammation articolare e del risultante sbarramento degli input afferenti di tipo III e IV, è proprio l'ipereccitabilità degli inter-neuroni ad ampio spettro dinamico. Questo processo è conosciuto come sensibilizzazione centrale ed è caratterizzato da cambiamenti a lungo termine del funzionamento sinaptico.

3. Circuito gamma

Si tratta di un riflesso spinale necessario per raggiungere una completa attivazione muscolare durante la contrazione volontaria, data dal fatto che i fusi neuromuscolari innervati dal motoneurone gamma trasmettono impulsi eccitatori all'omonimo motoneurone alfa. I meccanismi neuronali, come una modifica della scarica delle afferenze articolari, possono essere considerati per spiegare il malfunzionamento di tale circuito.

A livello più alto del sistema nervoso si nota che i centri sovra-spinali hanno ampie proiezioni verso quelli spinali, e questo ha il potenziale di influenzare fortemente l'AMI. Inoltre anche i recettori articolari hanno molte proiezioni verso i centri superiori, ed anche a questo livello le afferenze potrebbero essere influenti come mostrato a livello spinale. È stato osservato che l'eccitabilità corticospinale sembra essere maggiore in pazienti con lesione cronica del LCA rispetto a soggetti sani, anche a fronte di una minor ampiezza del segnale elettromiografico. A fronte di ciò è ragionevole pensare che in una problematica cronica di ginocchio si ha un paradossale incremento dell'eccitabilità dell'area corrispondente nella corteccia motoria

primaria, che proietta ai motoneuroni del quadricipite, in modo da contrastare l'inibizione data dai circuiti spinali precedentemente descritti.

Sempre a livello centrale troviamo i sistemi modulatori del tronco encefalico, che agiscono con un'azione tonica inibitoria sul riflesso flessorio e sui neuroni ad ampio spettro dinamico. Presumibilmente, è possibile sostenere che un danno articolare porti ad una riduzione dell'inibizione discendente e/o ad un aumento della facilitazione discendente verso i neuroni ad ampio spettro dinamico, aumentando l'eccitabilità del riflesso flessorio ed amplificando l'AMI. Le evidenze disponibili suggeriscono che una problematica articolare cronica sia associata ad una disfunzione della modulazione proveniente dal tronco encefalico verso questi particolari neuroni. Questa rete di effetti che coinvolge la modulazione dal tronco encefalico appare essere influenzata dallo stadio della lesione, suggerendo un possibile ruolo di questi circuiti nel mantenimento dell'ipereccitabilità del riflesso flessorio dopo un danno articolare. Infine è stato suggerito che una riduzione dell'attivazione e della forza del quadricipite potrebbe parzialmente essere dovuta ad una modifica subconscia dello sforzo volontario, probabilmente per paura di danneggiare l'articolazione o elicitare il dolore. Sebbene tale ragionamento sembra corretto ed intuitivo non vi sono studi che lo sostengono.

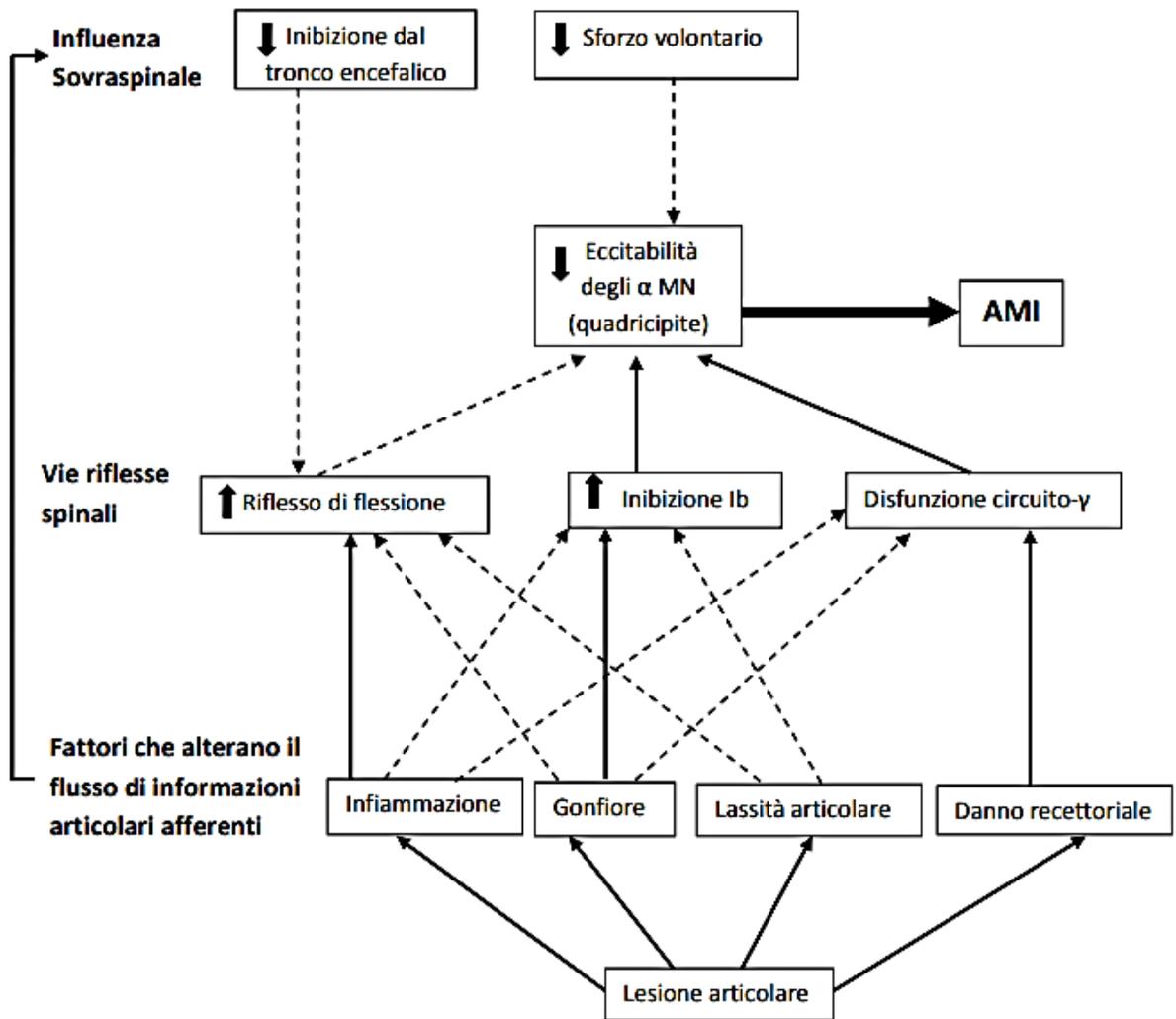


Figura 2. Schema dei meccanismi implicati nell'inibizione muscolare artrogenica e loro relazioni [8]

1.3 Valutazione e misurazione dell'AMI

Per la quantificazione dell'AMI sono state utilizzate numerose tecniche, le più frequenti sono: parametri EMG, interpolated twitch ed burst superimposition [1].

Con l'EMG viene misurata l'onda H (riflesso di Hoffmann), data dall'attivazione dei motoneuroni alfa da parte dei neuroni afferenti Ia provenienti dai fusi neuromuscolari, quando sono stimolati da una corrente blanda. Viene inoltre misurata l'onda M, che indica l'attivazione diretta dei motoneuroni alfa da parte dello stimolo elettrico. Infine viene calcolato il rapporto di queste due grandezze, indicato negli studi come h/M ratio, che indica la percentuale di motoneuroni attivati dallo stimolo elettrico sotto-soglia.

Le altre due tecniche utilizzate, l'interpolated twitch ed il burst superimposition, si fondano sul principio dell'incremento di forza muscolare espressa in seguito ad una stimolazione elettrica, sovrapposta ad una massima contrazione volontaria, in modo da individuare una deficitaria attivazione muscolare. La tecnica dell'interpolated twitch sovrappone un singolo o multipli stimoli elettrici a vari livelli di contrazione muscolare, calcolando il deficit di contrazione attraverso la formula: $1 - (\text{massima forza espressa con stimolo elettrico durante massima contrazione volontaria} / \text{massima forza espressa con stimolo elettrico a riposo})$.

La tecnica del burst superimposition, invece, sovrappone un treno di stimoli solo durante la massima contrazione volontaria e calcola l'attivazione volontaria attraverso la formula: $\text{torque durante la massima contrazione volontaria} / \text{torque durante lo stimolo elettrico sovrapposto alla massima contrazione volontaria}$. Sfortunatamente, i ricercatori hanno usato un certo numero di parametri di stimolazione differenti (es: stimolo singolo o stimoli multipli, angoli articolari differenti...) per quantificare l'AMI, ognuno dei quali potrebbe dare una stima diversa del deficit. L'eterogeneità e le limitazioni dei metodi usati rendono difficile comparare in modo assoluto l'AMI tra i diversi studi.

1.4 L'inibizione muscolare artrogenica a livello dell'articolazione tibio-tarsica

L'articolazione tibio-tarsica è la più comunemente lesionata degli arti inferiori.

Una storia di distorsione alla caviglia è il principale fattore di rischio per distorsioni successive e ricorrenti; diversi studi [9-12] hanno dimostrato che il 40% dei pazienti che hanno subito una distorsione alla caviglia sviluppano instabilità cronica, la quale è associata ad un aumento del rischio di artrosi degenerativa e ad una ridotta funzionalità. Attualmente, i fattori esatti che

contribuiscono alla patogenesi dell'instabilità cronica della caviglia non sono del tutto chiari, ma giocano un ruolo fondamentale i fattori neuromuscolari.

Infatti, l'afferenza alterata derivante da meccanocettori danneggiati dopo una distorsione della caviglia può portare all'inibizione riflessa della muscolatura articolare circostante. Questo deficit di attivazione, denominato inibizione muscolare artrogenica (IMA), può essere la causa sottostante dell'instabilità funzionale di caviglia: l'attivazione incompleta potrebbe impedire un adeguato controllo dell'articolazione, portando a ripetuti episodi di instabilità.

L'inibizione muscolare è stata studiata e misurata attraverso l'utilizzo di elettrodi di superficie nei muscoli soleo, peroniero lungo e tibiale anteriore in pazienti con caviglie funzionalmente instabili, per distorsione acuta dell'articolazione, (gruppo di intervento) e in volontari sani (gruppo di controllo) [9-12]. I parametri presi in considerazione sono stati il riflesso H, l'onda M e il rapporto h/M ratio dei suddetti muscoli di entrambe le gambe.

I risultati riportano che nella gamba lesionata dei pazienti con distorsione c'è una riduzione del rapporto h/M dei muscoli soleo e peroniero lungo. Nessuna differenza rilevante per quanto riguarda il muscolo tibiale anteriore e i rapporti h/M da lato a lato dei pazienti che non riportavano una storia di lesione alla caviglia [9,10,11].

È inoltre stata indagata l'attivazione muscolare dinamica attraverso lo studio dell'ampiezza EMG [12], la quale si dimostra inferiore nelle caviglie che hanno subito una distorsione in inversione rispetto a quelle sane.

Si conclude quindi che in seguito ad una distorsione di caviglia è presente inibizione muscolare artrogenica dei muscoli soleo e peroniero lungo e che l'attività muscolare dinamica è compromessa, il che può contribuire all'instabilità articolare ricorrente e può lasciare la caviglia vulnerabile a carichi dannosi.

Verranno successivamente studiati gli interventi fisioterapici più adatti al trattamento di questa condizione clinica.

CAPITOLO 2 - Scopo della revisione

L'inibizione muscolare artrogenica è un argomento non trattato o solo accennato nel Corso di Laurea triennale, ma è secondo me uno degli aspetti fondamentali su cui si basa il lavoro del fisioterapista.

Le strategie di riabilitazione non possono e non devono basarsi unicamente sul recupero della forza muscolare, senza tenere in considerazione i deficit di attivazione.

Poiché il recupero di una buona attivazione muscolare volontaria è associata all'abilità di sviluppare un'adeguata forza muscolare, interventi indirizzati in modo specifico all'incremento dell'attivazione sembrano essere imperativi.

Lo scopo della mia revisione è quello di studiare l'inibizione artrogenica e gli interventi in grado di modificare la funzione neuro-muscolare, agendo sia a livello dei recettori articolari, sia a livello dei sistemi nervosi centrale e periferico, e determinare quali di essi possano effettivamente diminuire l'inibizione muscolare.

CAPITOLO 3 - Materiali e metodi

La ricerca è stata svolta dall'autore dal 18 aprile al 16 ottobre 2020 su motori di ricerca generali come Google Scholar, nel quale sono stati individuati materiali utili a studiare la definizione di inibizione muscolare artrogenica, le sue cause e la sua valutazione, e sulle principali banche dati scientifiche attraverso il portale di Ateneo: PubMed, Cochrane Library (CENTRAL), PEDro, Tripdatabase; queste ultime hanno permesso di studiare l'AMI e i suoi possibili trattamenti dal punto di vista fisioterapico.

Nella tabella sottostante vengono riportate le varie stringhe/strategie di ricerca:

Motori di ricerca generali	<i>Google Scholar</i>	"Arthrogenic muscle inhibition" "Arthrogeneus muscle weakness" "Afferent pathway to the spinal cord" "Types of inhibition in AMI" "Arthrogenic muscle inhibition in ankle instability"
Banche dati scientifiche	<i>PubMed</i>	"Arthrogenic muscle inhibition" OR "Arthrogenous inhibition" OR "Neuro-muscular inhibition" OR "Arthrogenic muscle response" AND "Ankle instability" OR "Pathologies of ankle joint" AND "Rehabilitation" OR "Physiotherapy" OR "Physical therapy" OR "Manual therapy" OR "disinhibitory modalities"
	<i>Cochrane Library</i>	"Arthrogenic muscle inhibition" OR "arthrogenous muscle weakness" OR "Arthrogenic muscle response"
	<i>PEDro</i>	"Arthrogenic muscle inhibition"
	<i>Tripdatabase</i>	"Arthrogenic muscle inhibition AND rehabilitation"

Tabella 1. Strategie di ricerca e stringhe utilizzate nei motori di ricerca e nei database elettronici.

Gli studi presi in considerazione presentano i seguenti criteri di inclusione/eleggibilità:

- Articoli in lingua inglese e full text, senza limiti temporali di pubblicazione
- Studi RCT, systematic review, meta-analisi
- Partecipanti allo studio (P): pazienti che soffrono di instabilità funzionale di caviglia o di patologie che interessano i tessuti molli peri-articolari dell'articolazione tibio-tarsica

- Tipologia di Intervento (I): Trattamento riabilitativo, con modalità disinibitorie effettuate per migliorare l'attivazione muscolare volontaria
- Outcomes (O): disabilità correlata all'instabilità funzionale/cronica di caviglia (misure di attivazione muscolare o di inibizione: riflesso h, h/M ratio, onda M, rapporto v/M – dolore – range of motion – forza muscolare – equilibrio – parametri EMG)

Dagli studi inclusi sono stati estratti i dati rilevanti: caratteristiche dei partecipanti (numero, sesso, età, condizione), caratteristiche degli interventi (tipo di intervento, posologia), outcomes considerati (strumenti di misura, follow-up di valutazione), risultati e misura della validità interna (punteggio ottenuto con la scala PEDro). Considerando la loro elevata eterogeneità non è possibile effettuare una sintesi quantitativa dei risultati (metanalisi), è stata bensì effettuata una sintesi qualitativa di questi, dove sono stati evidenziati gli effetti dei diversi interventi terapeutici sui problemi/patologie articolari (instabilità funzionale di caviglia).

CAPITOLO 4 – RISULTATI

4.1 Selezione degli studi

La ricerca sulle principali banche dati scientifiche, con l'utilizzo dei filtri per la lingua inglese, la disponibilità del full text e la tipologia di studio (RCTs, systematic reviews, meta-analisi), ha individuato 75 articoli.

Il primo processo di screening ne ha selezionati 23 potenzialmente eleggibili attraverso la lettura del titolo e dell'abstract, mentre 52 sono stati esclusi perché non rilevanti.

Successivamente all'eliminazione degli articoli doppi, quelli rimasti nel processo di selezione sono stati 17 e attraverso la lettura del full di text e l'utilizzo dei criteri di eleggibilità ne sono stati esclusi 12: 5 per disegno inadeguato, 4 per domanda di studio non pertinente e 3 per outcomes non rilevante. Tutti i passaggi del processo selettivo sono schematizzati nel flow-diagram sottostante.

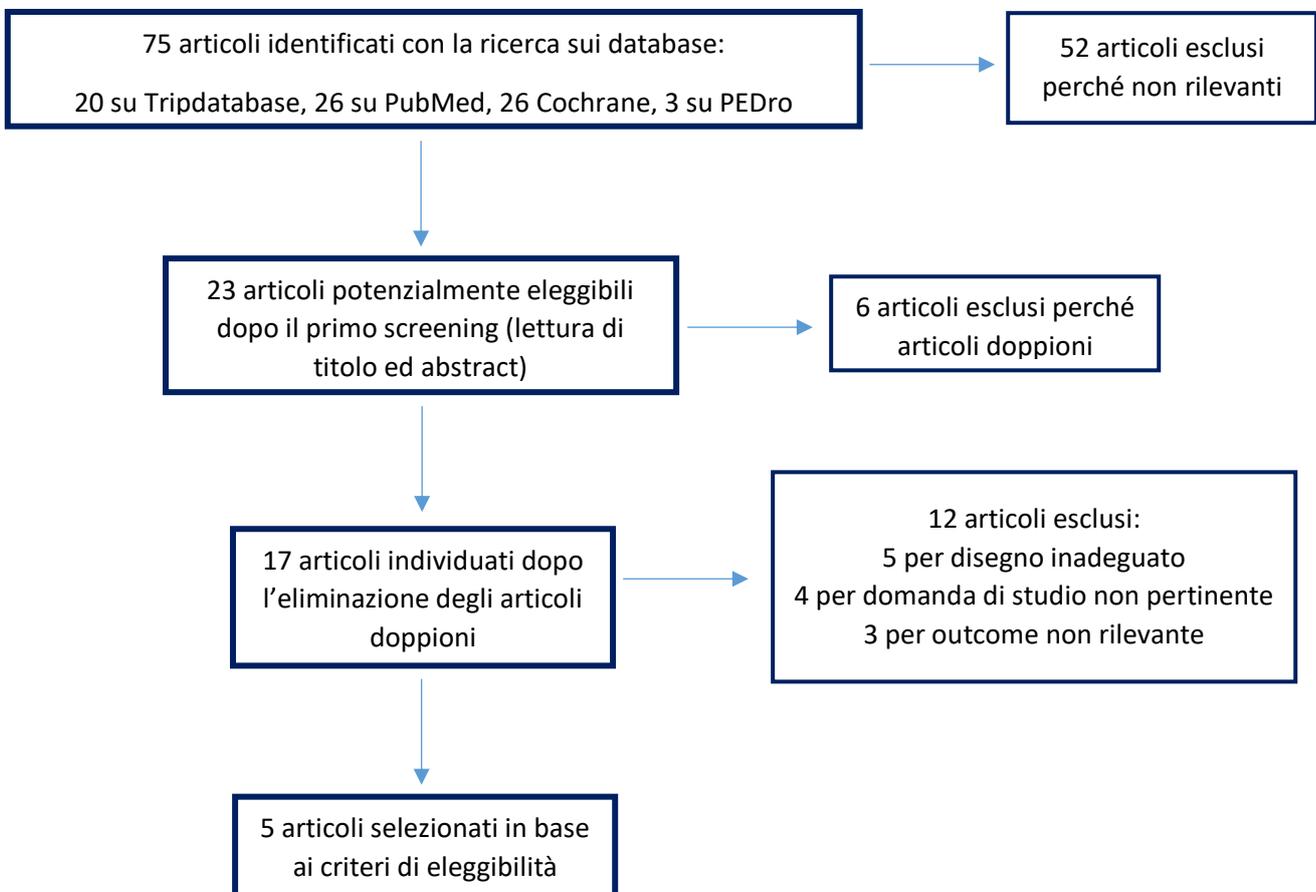


Figura 3. Flow-diagram del processo di selezione degli studi inclusi.

Alla fine della selezione sono quindi rimasti cinque articoli che indagano l'efficienza di cinque diversi trattamenti fisioterapici sull'inibizione muscolare artrogenica di pazienti con instabilità funzionale/cronica di caviglia. [13,16,17,19,20].

4.2 Qualità metodologica degli studi

La qualità metodologica degli studi inclusi è stata valutata dall'autore con la PEDro-scale [A].

I punteggi sono sintetizzati nella tabella sottostante.

	Chou E, 2013 [13]	G. Plaza-Manzano 2016 [16]	Donovan L, 2016 [17]	Sierra-Guzmán R, 2017 [19]	Bruce AS 2020 [20]
Criteri di eleggibilità*	X	X	X	X	X
Random	X	X	X	X	X
Allocazione nascosta		X	X	X	
Similarità al baseline	X	X	X	X	X
Cieco dei soggetti		X	X	X	X
Cieco dei terapisti		X		X	
Cieco dei valutatori		X		X	
Follow-up adeguato	X	X	X	X	X
Intenzione al trattamento		X	X	X	X
Confronto tra i gruppi	X	X	X	X	X
Misura dell'effetto	X	X	X	X	X
TOTALE	5/10	10/10	8/10	10/10	7/10

Tabella 2. Punteggi ottenuti nei vari items della scala PEDro dagli studi inclusi

*La presenza dei criteri di eleggibilità è una misura della validità esterna e non concorre al punteggio finale

CAPITOLO 5 – Discussione

Tutti gli studi selezionati hanno reclutato pazienti con instabilità funzionale/cronica di caviglia (functional ankle instability – FAI; chronic ankle instability – CAI), come conseguenza di una o più distorsioni. Nessuno dei soggetti presi in esame ha subito traumi lesivi o interventi chirurgici al distretto interessato. La presenza di disabilità, misurata con Foot and Ankle Ability Measure ADL e Sport (FAAM – ADL; FAAM - Sport) [14] o con Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) [15], correlata all'instabilità, rende implicita, per la considerazione di precedenti studi [9-11], la presenza di AMI.

Lo studio di Chou et al. [13] ha reclutato 12 soggetti, tre maschi e nove femmine, di età compresa tra i 20 e i 23 anni, con instabilità cronica di caviglia (CAI) e li ha divisi in due gruppi con randomizzazione: il primo (gruppo di intervento) ha ricevuto il confezionamento di un bendaggio di riposizionamento fibulare secondo Mulligan [B], mentre il secondo (gruppo di controllo) ha ricevuto l'applicazione del bendaggio senza alcuna tensione. Gli outcomes studiati dagli autori sono stati i rapporti h/M e v/M di soleo e peroneo lungo e sono stati misurati prima ed immediatamente dopo l'intervento (follow up a 5 minuti).

Il risultato principale di questo studio è stato che gli individui con instabilità cronica della caviglia ha sperimentato una facilitazione del rapporto h / M nel muscolo soleo, immediatamente successivo all'applicazione del tape per il riposizionamento fibulare (FRT), rispetto alle misurazioni iniziali. Tuttavia, le dimensioni dell'effetto e gli intervalli di confidenza associati suggeriscono che il trattamento ha un'efficacia ridotta. Non ci sono stati, infatti, cambiamenti riguardanti i rapporti v / M del soleo o h / M del peroneo lungo, che suggeriscono un'influenza sull'eccitabilità spinale a seguito della mobilizzazione del perone distale e dell'applicazione di FRT.

In precedenza, era stato dimostrato anche che l'FRT ha portato a un miglioramento della percezione di stabilità e alla riduzione del rischio di lesioni ricorrenti alla caviglia in persone con una storia di lesioni, ma il suo meccanismo neuromuscolare di efficacia rimane sconosciuto.

Una possibile spiegazione è che l'FRT ha ridotto la tensione sui meccanocettori situati nella capsula dell'articolazione tibio-fibolare, modificando l'input presinaptico e di conseguenza l'eccitabilità spinale che colpisce il pool di motoneuroni del soleo.

In questo studio non sono state fatte misure di forza in flessione plantare, ma si può concludere che FRT non influenza la volontà di attivazione del soleo misurata mediante l'onda v

normalizzata. Esso ha efficacia per la disinibizione del muscolo soleo nei pazienti che soffrono di instabilità cronica di caviglia.

Rapporto h/M (media \pm DS) del muscolo soleo		
Gruppo	Misure pre-test	Misure post-test
Fibular reposition taping (FRT)	0.53 \pm 0.18	0.59 \pm 0.17 ^a
Gruppo di controllo	0.55 \pm 0.21	0.53 \pm 0.18

Tabella 3. Risultati numerici disponibili nello studio di Chou et al. [13]

Lo studio di G. Plaza-Manzano [16] si è posto l'obiettivo di analizzare gli effetti degli esercizi propriocettivi e di rinforzo rispetto agli stessi esercizi combinati a tecniche di terapia manuale.

Cinquantasei pazienti, 39 uomini e 17 donne, di età compresa tra i 20 e i 38 anni ($24,3 \pm 2,5$), che praticavano attività sportiva regolare e presentavano distorsioni della caviglia ricorrenti, sono stati assegnati in modo casuale al gruppo sperimentale o di controllo, entrambi costituiti da 28 membri. Il gruppo di controllo ha eseguito quattro settimane di esercizi propriocettivi e di rinforzo; il gruppo sperimentale ha eseguito quattro settimane degli stessi esercizi combinati con la terapia manuale (mobilizzazioni per influenzare le strutture articolari e nervose).

Il protocollo di esercizi propriocettivi e di rinforzo consisteva in quattro sessioni di sei esercizi che venivano ripetuti due volte a settimana e progredivano in difficoltà ogni settimana. Il protocollo della terapia manuale prevedeva, invece, la mobilizzazione dell'articolazione talocrurale in distrazione, in direzione postero-anteriore e antero-posteriore, la mobilizzazione dell'articolazione tibio-fibulare distale in direzione antero-posteriore e postero-anteriore e la mobilizzazione neuro-dinamica del nervo peroneo superficiale. La durata delle tecniche era di 20-30 secondi, con 2 minuti di riposo. La tecnica è stata ripetuta 10 volte da due fisioterapisti esperti in terapia manuale.

Dolore, instabilità funzionale della caviglia auto-riferita, soglia del dolore alla pressione (PPT), forza muscolare e range di movimento attivo (ROM) sono stati valutati nell'articolazione della caviglia prima, subito dopo e un mese dopo gli interventi.

Le scale di valutazione/le unità di misura utilizzate e i risultati ottenuti al baseline, immediatamente dopo l'intervento (a quattro settimane dal baseline) e dopo un mese dall'intervento sono riportati nelle seguenti tabelle:

BASELINE		Gruppo sperimentale I (controllo)	Gruppo sperimentale II (intervento)	p value
Dolore (VAS)		5,0 ±1,7	5,2±2,0	0.728
Instabilità (CAIT)*		15,4±3,9	16,4±4,9	0.435
Soglia del dolore alla pressione (PPT) (kg/cm ²)	ATL**	3,6±0,6	3,4±0,8	0.318
	CFL***	5,1±0,3	5,1±0,4	0.973
	Malleolo tibiale	6,0±0,4	5,8±0,1	0.446
	Malleolo fibulare	5,5 ±0,8	5,3±1,3	0.875
Forza muscolare (Newton)	Flessione	181,8±4,5	180,2±4,6	0.124
	Estensione	133,4±3,4	133,7±4,1	0.559
ROM attivo (gradi)	Flessione	27,5±3,9	29,2±3,8	0.103
	Estensione	12,9±1,8	13,7±5,1	0.462

Tabella 4. Valori registrati in entrambi i gruppi di studio al baseline

*CAIT: Cumberland Ankle Instability Tool. È una scala di valutazione composta da nove items che permette di misurare la gravità dell'instabilità funzionale di caviglia auto-riferita. Ha un punteggio massimo di 30 e un punteggio inferiore a 15 indica un'instabilità cronica.

**ATL: legamento tibio-fibulare anteriore

***CFL: legamento calcaneo-fibulare

POST - INTERVENTO		Gruppo sperimentale I (controllo)	Gruppo sperimentale II (intervento)
Dolore (VAS)		4,0 ±2,0	2,0±0,8
Instabilità (CAIT)*		19,7±4,4	26,6±3,2
Soglia del dolore alla pressione (PPT) (kg/cm ²)	ATL**	5,4±1,1	6,3±0,6
	CFL***	6,2±0,8	7,2±0,2
	Malleolo tibiale	7,1±0,2	7,8±0,2
	Malleolo fibulare	6,7 ±0,5	7,3±0,6
Forza muscolare (Newton)	Flessione	192,3±4,2	213,4±5,3
	Estensione	145,1±4,3	159,9±5,3
ROM attivo (gradi)	Flessione	32,2±5,0	42,1±5,3
	Estensione	15,1±3,3	24,6±4,0

Tabella 5. Valori registrati in entrambi i gruppi di studio subito dopo l'intervento (a quattro settimane dal baseline)

FOLLOW-UP DI UN MESE		Gruppo sperimentale I (controllo)	Gruppo sperimentale II (intervento)
Dolore (VAS)		3,0±1,8	0,8±1,1
Instabilità (CAIT)*		21,3±4,9	29,0±0,7
Soglia del dolore alla pressione (PPT) (kg/cm ²)	ATL**	5,9±0,9	7,2±0,3
	CFL***	6,4±0,7	7,5±0,5
	Malleolo tibiale	7,3±0,4	8,1±0,1
	Malleolo fibulare	6,9 ±0,6	7,5±0,3
Forza muscolare (Newton)	Flessione	209,8±3,6	228,4±1,7
	Estensione	149,6±3,9	167,4±5,0
ROM attivo (gradi)	Flessione	36,2±5,2	46,2±3,5
	Estensione	16,9±4,4	27,1±3,0

Tabella 6. Valori registrati in entrambi i gruppi di studio a un mese dall'intervento.

I principali risultati di questo studio hanno indicato che un protocollo che coinvolge tecniche manuali, che hanno influenzato le strutture articolari e nervose, combinate ad esercizi propriocettivi e di rinforzo ha indotto livelli inferiori di dolore e di instabilità funzionale nell'articolazione della caviglia e maggiori livelli di PPT, di forza muscolare e di range of motion. Tuttavia, anche i soli esercizi propriocettivi e di rinforzo hanno indotto benefici in tutte le variabili misurate.

Questa scoperta suggerisce che gli esercizi propriocettivi e di rinforzo sono utili nella gestione delle distorsioni della caviglia, ma l'inclusione della terapia manuale potrebbe massimizzare l'efficacia del trattamento.

Bisogna però tenere in considerazione che:

- I partecipanti allo studio praticavano regolarmente sport e hanno continuato le loro normali attività fisiche oltre agli esercizi e al programma di terapia manuale. Questa caratteristica del campione potrebbe ostacolare l'estrapolazione dei risultati a soggetti sedentari.
- Il protocollo di terapia manuale era un insieme di sei tecniche con la stessa durata e standardizzazione, non basate su un approccio di ragionamento clinico individuale.
- È possibile che si sia verificato un bias di attenzione, perché la durata della sessione di trattamento era più lunga in quei soggetti che ricevevano il trattamento combinato di terapia manuale ed esercizi, che potevano influenzare i pazienti.
- Questo studio includeva un solo mese di follow-up, che è un periodo di tempo breve per esaminare la ricorrenza della patologia e considerare il suo carattere cronico.

Lo studio di L. Donovan [17] si propone di determinare se un programma di riabilitazione di quattro settimane, per un totale di dodici sedute, che include dispositivi di destabilizzazione ha maggiori effetti sulla funzione auto-riferita, sul range di movimento (ROM), sulla forza e sull'equilibrio rispetto alla riabilitazione senza dispositivi nei pazienti con instabilità cronica di caviglia (CAI).

I soggetti studiati sono stati 26, 7 uomini e 19 donne di età compresa tra i 18 e i 24 anni, tutti fisicamente attivi (praticavano attività sportiva regolare), senza una storia di lesioni agli arti inferiori, interventi chirurgici, distorsioni della caviglia nelle sei settimane precedenti lo studio. I pazienti sono stati divisi random in due gruppi: entrambi hanno seguito un programma riabilitativo progressivo e controllato di quattro settimane, il primo con l'inserimento di dispositivi di destabilizzazione (gruppo di intervento), il secondo senza (gruppo di controllo).

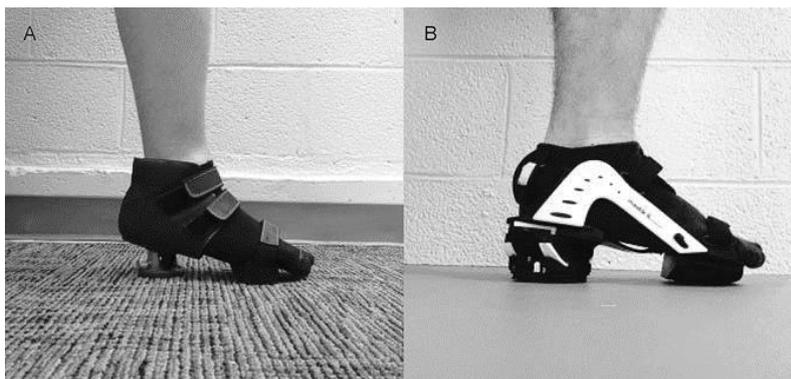


Figura 4. Dispositivi di destabilizzazione a stivale [figura A] e a sandalo [figura B] utilizzati nello studio di Donovan.

I dispositivi di destabilizzazione della caviglia utilizzati erano costituiti da uno stivale (figura 4a) o un sandalo (figura 4b) con un articolatore sotto il tallone, progettato per imitare il movimento che si verifica sia alle articolazioni sub-talare che a quella talo-crutale durante la deambulazione e altri movimenti funzionali. L'obiettivo di questi dispositivi era quello di costringere il paziente a una flessione plantare controllata, all'inversione e alla rotazione interna durante il completamento delle attività funzionali, per facilitare il controllo motorio feed-forward della muscolatura che circonda l'articolazione della caviglia.

Le misure della disabilità prese in considerazione per il confronto tra gruppi sono state:

- La funzione auto-riferita (misurazione dell'abilità del piede e della caviglia attraverso l'utilizzo della scala FAAM),
- Il ROM (misurato con un inclinometro),
- La forza muscolare in flessione dorsale, inversione, eversione in posizione neutra, eversione in flessione plantare e flessione plantare (misurata con un dinamometro portatile durante le contrazioni isometriche volontarie massime),
- L'equilibrio statico e dinamico (misurati rispettivamente con e una piastra di forza per calcolare il centro di pressione durante l'equilibrio in posizione eretta mono-podalica ad occhi aperti e chiusi e con il test Star Excursion Balance (SEBT) [17]).
- Le ampiezze sEMG del tibiale anteriore, del peroneo breve, del peroneo lungo e del gastrocnemio mediale durante i test di forza e di equilibrio.

Donovan et al. hanno valutato il segnale elettro-miografico di sei muscoli degli arti inferiori durante l'SEBT. I risultati includevano un marcato aumento dell'ampiezza del sEMG del peroneo lungo (principale stabilizzatore dinamico laterale della caviglia) durante tutte le attività, che mostrava il potenziale di questi dispositivi per aumentare la stabilità laterale dell'articolazione. Perciò hanno ipotizzato che questi dispositivi potessero essere in grado di migliorare il controllo neuromuscolare e aumentare la forza durante esercizi a catena cinetica chiusa, se incorporati in un programma di riabilitazione progressiva.

La riabilitazione è iniziata un minimo di 48 ore dopo le prime misurazioni (baseline). Ai gruppi di studio sono stati prescritti esercizi per i deficit nell'attività funzionale, nel ROM, nella forza e nell'equilibrio e ciascun gruppo ha completato lo stesso tipo di attività funzionale di base, con lo stesso tempo e lo stesso numero di ripetizioni (ugual volume di lavoro). Essi differivano soltanto nel modo in cui l'attività funzionale e gli esercizi di equilibrio venivano portati avanti utilizzando diversi strumenti di instabilità per rendere gli esercizi più impegnativi. In

particolare, il gruppo di intervento ha utilizzato entrambi i dispositivi di destabilizzazione (figura 4a e 4b) durante le attività di carico e il gruppo di controllo (senza dispositivi) ha utilizzato dischi di schiuma durante le stesse attività.

Alla fine del programma riabilitativo (dopo quattro settimane) i partecipanti allo studio hanno compilato nuovamente i questionari FAAM-ADL e FAAM-Sports e sono stati ritestati per la valutazione del ROM, della forza, dell'equilibrio e delle ampiezze sEMG. I risultati vengono riportati nelle tabelle sottostanti:

Disabilità auto-riferita	Gruppo di controllo (senza dispositivi)		Gruppo di intervento (con dispositivi)		p value
	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	
FAAM-ADL	87,65±7,96	95,60±3,31	85,76±7,26	95,97±4,55	<0,001
FAAM-Sport	65,87±18,24	86,85±11,39	67,07±13,42	85,82±8,33	<0,001

Tabella 7. Valori di disabilità auto-riferita da entrambi i gruppi di studio pre e post intervento

ROM	Gruppo di controllo (senza dispositivi)		Gruppo di intervento (con dispositivi)		p value
	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	
Dorsi-flessione (ginocchio esteso)	34,15±10,38	38,31±7,99	42,08±6,98	47,31±6,96	0,02
Dorsi-flessione (ginocchio flesso)	38,08±11,12	43,46±10,68	46,38±7,12	51,08±7,38	0,001
Scivolamento posteriore	9,10±8,71	14,49±9,77	15,41±8,56	17,05±5,08	0,02
Flessione plantare	64,00±9,70	67,38±10,65	64,62±7,18	67,85±5,67	0,003
Inversione	35,67±10,42	34,69±8,51	36,92±7,43	35,85±8,16	0,72
Eversione	14,31±7,45	18,69±6,10	15,92±6,30	16,85±5,89	0,11

Tabella 8. Valori del range of motion di entrambi i gruppi di studio pre e post intervento

FORZA MUSCOLARE	Gruppo di controllo (senza dispositivi)		Gruppo di intervento (con dispositivi)		p value
	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	
Dorsi-flessione	1,62±0,32	1,83±0,37	1,98±0,60	2,42±0,68	<0,001
Inversione	1,32±0,28	1,72±0,41	1,49±0,34	1,93±0,46	<0,001
Eversione dalla posizione neutra	1,61±0,44	1,96±0,49	1,68±0,34	2,19±0,48	<0,001
Eversione dalla flessione plantare	1,34±0,32	1,66±0,43	1,48±0,33	1,83±0,44	<0,001
Flessione plantare	3,10±0,85	3,48±0,98	3,58±0,85	4,38±1,17	0,002

Tabella 9. Valori di forza muscolare di entrambi i gruppi di studio pre e post intervento

EQUILIBRIO	Gruppo di controllo (senza dispositivi)		Gruppo di intervento (con dispositivi)		p value
	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	
Stazione eretta mono-podalica ad occhi aperti (area)	7,23±2,70	5,75±1,78	7,44±2,37	6,85±2,48	0,04
Stazione eretta mono-podalica ad occhi aperti (velocità)	4,26±1,26	3,85±0,89	4,51±1,70	4,51±1,44	0,38
Stazione eretta mono-podalica ad occhi chiusi (area)	29,71±10,18	24,36±8,55	26,44±9,63	21,79±5,57	0,04
Stazione eretta mono-podalica ad occhi chiusi (velocità)	9,96±2,99	8,91±2,41	9,71±2,77	9,08±2,33	<0,001
SEBT	71,65±8,07	76,61±7,42	78,57±6,03	81,60±4,88	0,003

Tabella 10. Valori di equilibrio statico e dinamico di entrambi i gruppi di studio pre e post intervento

sEMG	Gruppo di controllo (senza dispositivi)		Gruppo di intervento (con dispositivi)		p value
	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	Pre-riabilitazione	Post-riabilitazione	
Dorsi-flessione (tibiale anteriore)	40,71±24,50	55,26±20,50	52,82±22,27	53,19±13,37	0,10
Inversione (tibiale anteriore)	13,17±9,17	27,82±11,69	17,56±14,21	22,87±12,72	0,004
Eversione dalla posizione neutra (peroniero breve)	36,15±29,70	48,05±30,52	41,04±26,99	58,01±39,50	0,03
Eversione dalla posizione neutra (peroniero lungo)	28,79±17,77	39,11±19,38	24,62±11,17	47,14±37,27	0,006
Eversione dalla flessione plantare (peroniero breve)	33,25±30,20	49,11±26,97	42,20±21,69	62,02±40,14	0,01
Eversione dalla flessione plantare (peroniero lungo)	33,03±20,93	42,79±22,95	30,85±14,91	48,92±33,41	0,01
Flessione plantare (gastrocnemio mediale)	18,48±13,35	19,95±11,74	25,70±10,44	27,41±10,97	0,53

Tabella 11. Valori dei segnali EMG di entrambi i gruppi di studio pre e post intervento

I risultati principali hanno dimostrato che un programma di riabilitazione progressiva di quattro settimane basato su esercizi specifici per il miglioramento della disabilità auto-riferita, dell'articolari , della forza muscolare, dell'equilibrio e dell'ampiezza sEMG migliora la performance del paziente. Entrambi i gruppi di studio, infatti, hanno ottenuto notevoli progressi dopo l'intervento. L'incorporazione di dispositivi di destabilizzazione, per , non ha causato cambiamenti significativi rispetto alla riabilitazione senza i dispositivi. Non ci sono, infatti, differenze sostanziali tra i due gruppi dopo il trattamento.

Una limitazione di questo studio   la mancanza di follow-up dei pazienti a lungo termine. Non si sa per quanto tempo i cambiamenti nella funzione della caviglia siano rimasti al di sopra dell'85% sulla scala FAAM-Sport. Inoltre, non si conoscono gli effetti che un programma di

riabilitazione progressiva basata sulla disabilità ha avuto sulla prevenzione delle distorsioni ricorrenti della caviglia.

Lo studio di Sierra-Guzmán [19] si è posto l'obiettivo di indagare gli effetti di un programma di allenamento Whole-body Vibration (WBV) di sei settimane, su una superficie morbida e instabile, sulla forza isocinetica, il tempo di reazione e l'attività elettrica della muscolatura della caviglia negli atleti con instabilità cronica.

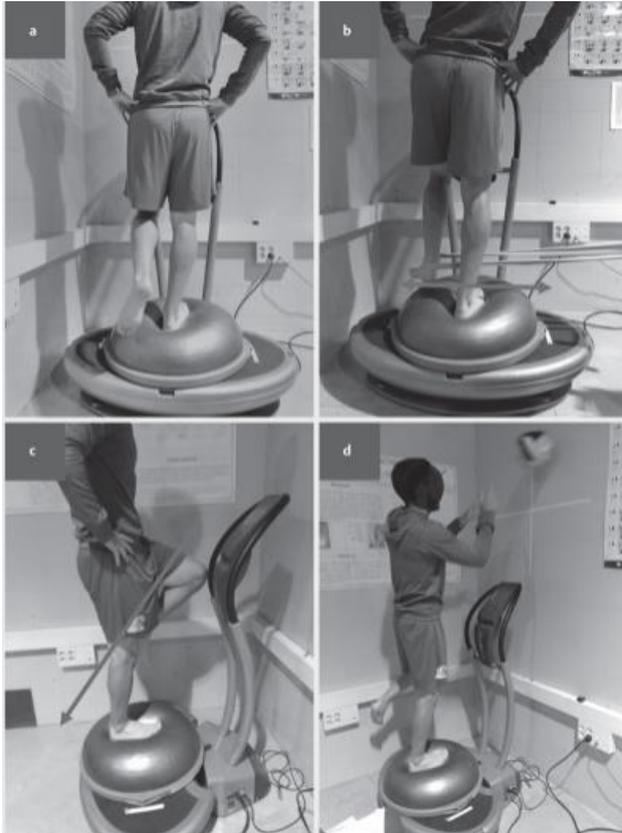
Cinquanta atleti fisicamente attivi con CAI unilaterale auto-dichiarata si sono offerti volontari per partecipare allo studio. Sono stati suddivisi con randomizzazione e allocazione nascosta in tre gruppi: il gruppo di vibrazione (VIB), composto da 17 persone (primo gruppo sperimentale), il gruppo di non vibrazione (N-VIB), composto da 16 persone (secondo gruppo sperimentale) e il gruppo di controllo (CON), composto da 17 persone.

Tutti i partecipanti avevano una storia di almeno una distorsione alla caviglia significativa (la lesione più recente doveva essersi verificata più di tre mesi prima dell'arruolamento nello studio), due o più episodi di cedimento della caviglia negli ultimi sei mesi e un punteggio inferiore o uguale a 24 nel Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) nella caviglia dominante. Sono stati esclusi tutti i soggetti che avevano subito un intervento chirurgico a uno dei due arti inferiori.

I partecipanti sono stati valutati in 3 momenti: pre-trattamento, post-trattamento e sei settimane dopo l'ultima sessione di trattamento. Le misurazioni consistevano in un test di inversione forzata della caviglia, che ha permesso di verificare i segnali EMG dei muscoli peroniero breve, peroniero lungo e tibiale anteriore, e in un test di resistenza isocinetica, che ha permesso di valutare la forza dei muscoli evertori (che è stata calcolata come la coppia di picco normalizzata per la massa corporea durante le contrazioni isocinetiche concentriche ed eccentriche).

Figura 5. Esercizi eseguiti con il BOSU sulla pedana vibrante.

a. In posizione con una gamba sola con gli occhi chiusi; **b** Ondeggiamento a gambe incrociate con fascia elastica di resistenza attaccata alla caviglia; **c** Posizione del corridore; **d** Lanciare una palla da pallavolo contro il muro.



Sono tutti stati sottoposti ad un protocollo di allenamento per l'equilibrio di sei settimane, per un totale di diciotto lezioni (tre sedute a settimana), che prevedeva tre serie di quattro esercizi di 45 secondi, con 45 secondi di riposo. Tutti gli esercizi sono stati eseguiti solo sulla caviglia instabile e sono stati gli stessi per entrambi i gruppi sperimentali. I partecipanti al gruppo N-VIB si sono allenati con il pallone BOSU sul pavimento, mentre i partecipanti al gruppo VIB si sono allenati con il BOSU su una piattaforma vibrante, con vibrazione sincrona dell'intero corpo. Il

livello di difficoltà degli esercizi è stato aumentato dopo tre settimane, la frequenza è stata aumentata di 5 Hz ogni due settimane e l'ampiezza è passata da 2 mm a 4 mm dopo la prima settimana.

I risultati dello studio non hanno riportato differenze significative tra i tre gruppi; non ci sono stati, infatti, cambiamenti nell'attività elettrica, coppia massima e rapporto eccentrico-concentrico per uno qualsiasi dei gruppi dopo l'allenamento.

L'analisi dettagliata ha mostrato però che nel gruppo VIB, il tempo di reazione dei muscoli peroniero breve, peroniero lungo e tibiale anteriore è diminuito in modo importante dopo il trattamento, al contrario di quanto è successo nei gruppi N-VIB e CON.

Le tre misurazioni dei parametri riguardanti il peroniero breve, il peroniero lungo e il tibiale anteriore sono riportate nel seguente grafico:

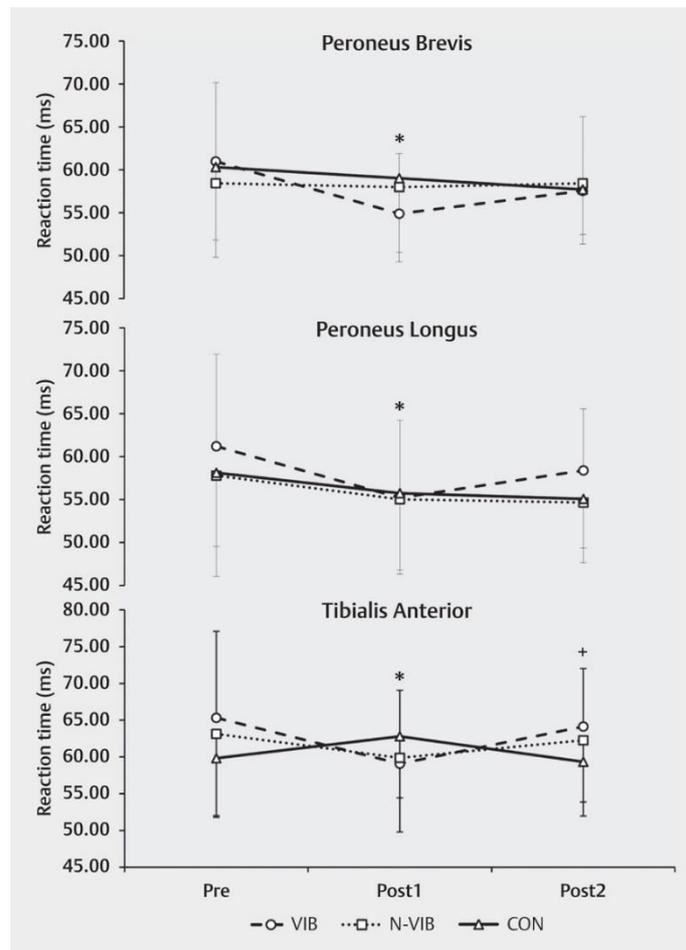


Figura 6. Grafico che rappresenta la variazione del tempo di reazione dei muscoli peroniero breve, peroniero lungo e tibiale anteriore, prima e dopo il trattamento e al follow-up di sei settimane.

Il trattamento di sei settimane su una superficie morbida e instabile con VIB risultava quindi non significativo nel miglioramento dell'attività elettrica, della coppia massima e del rapporto eccentrico-concentrico, ma è stato utile nel miglioramento dei tempi di reazione muscolare.

Anche in questo studio, una limitazione importante è la mancanza di follow-up a lungo termine; sei settimane sono infatti un periodo di tempo breve per esaminare la ricorrenza della patologia e considerare il suo carattere cronico. Non è stata svolta un'indagine per studiare gli effetti del trattamento sulla prevenzione delle distorsioni ricorrenti.

Non si conosce, inoltre, la disabilità auto-riferita dal paziente in relazione all'instabilità a fine trattamento, in quanto non è stato rivalutata con la scala CAIT.

Poiché i partecipanti allo studio erano tutti giovani atleti in attività, non sappiamo se i risultati possono essere riportati anche su soggetti sedentari.

Lo studio di Bruce AS [20] è partito dal presupposto che l'instabilità articolare, sia della caviglia che del ginocchio, abbia determinato cambiamenti all'interno del sistema nervoso centrale, alterando la pianificazione motoria e generando schemi di movimento che predispongono gli individui al reinfortunio.

In particolare, gli studiosi hanno ritenuto che gli individui con CAI e quelli con lesioni del legamento crociato anteriore (ACL) abbiano avuto una ridotta eccitabilità della corteccia motoria primaria (M1), un'attivazione alterata della corteccia somato-sensoriale in risposta al carico articolare e abbiano utilizzato una maggiore attivazione delle aree visive e di pianificazione nell'esecuzione del movimento semplice.

I tipici programmi di riabilitazione basati sulla disabilità possono essere in grado di ripristinare la funzione clinica man mano che i pazienti sviluppano risposte per cui vengono reclutate risorse corticali aggiuntive per eseguire movimenti "normali" e superare la ridotta eccitabilità M1; tuttavia, questa diffusione corticale può contribuire a una perdita di risorse quando vengono imposti ulteriori vincoli di attività (per esempio il duplice compito, il processo decisionale, le distrazioni esterne) che contribuiscono a una degradazione del movimento e alla nuova lesione.

Lo studio si è posto quindi l'obiettivo di affrontare i cambiamenti nella plasticità corticale per migliorare l'eccitabilità M1 e diminuire la dipendenza da aree corticali estranee nell'esecuzione del movimento, combinando la stimolazione trans-cranica anodica a corrente continua (aTDCS) con la riabilitazione basata sulla disabilità.

Ventisei individui con CAI e di età compresa tra 18 e 40 anni sono stati reclutati per questa indagine. Sono stati randomizzati in due gruppi (aTDCS e sham) e hanno completato un intervento di allenamento per la forza eccentrica della caviglia di quattro settimane. Indipendentemente dall'allocazione del gruppo, tutti i partecipanti sono stati sottoposti a dieci sessioni di allenamento; cinque sono state completate nelle prime due settimane e cinque nelle seconde due settimane.

Le misure di esito sono state valutate all'inizio, a due, quattro e sei settimane ed erano l'eccitabilità corticale al peroneo lungo e al tibiale anteriore, l'inibizione intra-corticale,

l'equilibrio dinamico, l'attivazione muscolare, le prestazioni funzionali, la forza e gli esiti riferiti dal paziente riguardo la disabilità globale e della caviglia.

L'eccitabilità neurale è stata valutata in un laboratorio di elettrofisiologia con sensori EMG di superficie sul tibiale anteriore e sul peroneo lungo e una bobina magnetica, collegata ad uno stimolatore, applicata al vertice del cranio. Le variabili di risultato per l'eccitabilità neurale includevano la soglia motoria a riposo (RMT), l'intensità al picco di pendenza (I), il parametro di pendenza dalle curve stimolo-risposta per ciascun muscolo e il periodo di silenzio corticale da prove facilitate.

L'equilibrio dinamico e l'attivazione muscolare sono stati valutati in un laboratorio di biomeccanica: ai pazienti, portatori di EMG, è stato richiesto di saltare con entrambe le gambe fino ad un'altezza del 50% del loro salto massimo, atterrando su una pedana di forza unicamente sulla gamba infortunata e di mantenere la posizione mono-podolica per 15 secondi. Sono stati calcolati l'indice di stabilità antero-posteriore (APSI), l'indice di stabilità medio-laterale (MLSI), l'indice di stabilità verticale (VSI) e l'indice di stabilità posturale dinamico composito (DPSI).

Le prestazioni funzionali sono state valutate con un test side-hop a due gambe: due linee orientate nel piano antero-posteriore sono state posizionate a 30 cm l'una dall'altra. I partecipanti sono stati istruiti a saltare da un lato all'altro delle linee, per un totale di 10 volte, il più velocemente possibile. È stata consentita una prova pratica e il tempo necessario per completare con successo l'attività è stato estratto per l'analisi.

La forza della caviglia è stata valutata su un dinamometro isocinetico.

La funzione generale specifica della caviglia, la sua funzione sportiva specifica, la paura del movimento e le valutazioni globali della disabilità percepita sono stati valutati attraverso la scala FAAM (Foot & Ankle Ability Measure) della vita quotidiana (ADL) e le sotto-scale sportive, la Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK) e il Disablement nel questionario fisicamente attivo (DPA).

Alla fine solo ventidue partecipanti hanno completato la formazione e fornito i dati per questo studio. L'eccitabilità corticale (soglia motoria a riposo) al peroneo lungo nel gruppo aTDCS è aumentata dal baseline ($36,92 \pm 11,53$) alla settimana 6 ($32,91 \pm 12,33$, $P = 0,024$), mentre nel gruppo sham è aumentata dal baseline ($36,67 \pm 12,74$) alla settimana 2 ($27,86 \pm 14,69$, $P = 0,007$), ma è diminuito alla settimana 4 ($35,63 \pm 13,10$, $P = 0,022$) e alla settimana 6 ($35,99 \pm 13,52$, $P =$

0,006). Anche l'equilibrio dinamico e l'attivazione muscolare sono migliorati nel gruppo aTDCS dal baseline alla settimana 6 ($P = 0,034$). Le prestazioni funzionali nel test side-hop sono aumentate in tutti i partecipanti dal baseline alla settimana 2 ($p = 0,003$). Il gruppo aTDCS aveva diminuito la disabilità percepita dalla settimana 2 ($18,09 \pm 6,41$) alla settimana 4 ($15,55 \pm 4,82$, $P = 0,046$), mentre il gruppo fittizio ha riportato un aumento della disabilità dal baseline ($17,91 \pm 4,59$) alla settimana 2 ($21,00 \pm 8,52$, $P = 0,047$).

Questi risultati hanno suggerito che l'incorporazione di una terapia neuro-modulante come l'aTDCS abbia migliorato l'eccitabilità corticale e successivamente l'attivazione muscolare, la stabilità posturale dinamica e la disabilità percepita dai pazienti dopo un intervento di quattro settimane. Coloro che ricevevano un allenamento eccentrico con stimolazione fittizia sembravano migliorare l'eccitabilità corticale e l'attivazione muscolare durante l'intervento; tuttavia, questi cambiamenti erano transitori e non sostenuti.

Tra i limiti dello studio c'era il fatto che, essendo stato uno studio preliminare (nessuno studio in precedenza ha valutato l'efficacia delle terapie di stimolazione cerebrale non invasiva in pazienti con lesioni muscolo-scheletriche e ha dimostrato il legame tra una migliore eccitabilità neurale e risultati funzionali), manca un vero controllo o confronto con lo standard di cura.

CAPITOLO 6 – Conclusioni

L'articolazione tibio-tarsica è la più comunemente lesionata degli arti inferiori, soprattutto in ambiente sportivo. È risaputo che una distorsione a questo livello è il principale fattore di rischio per l'instaurarsi di una disabilità funzionale/cronica. Infatti, l'afferenza alterata derivante da meccanocettori danneggiati può portare all'inibizione riflessa della muscolatura articolare circostante. Questo deficit è denominato inibizione muscolare artrogenica (AMI).

L'attivazione incompleta potrebbe impedire un adeguato controllo dell'articolazione, portando a ripetuti episodi di instabilità.

La ricerca effettuata si è posta l'obiettivo di studiare i trattamenti più efficaci in questo tipo di patologia e ha individuato cinque studi che rispettavano i criteri di eleggibilità, ognuno dei quali si è occupato di tecniche specifiche differenti: il bendaggio di riposizionamento fibulare secondo Mulligan (FRT), gli esercizi propriocettivi e di rinforzo combinati a tecniche di terapia manuale (mobilizzazione delle strutture articolari e nervose), l'utilizzo di dispositivi di destabilizzazione, il programma di allenamento Whole-body Vibration (WBV) e la stimolazione trans-cranica anodica a corrente continua (aTDCS).

Un limite di questa revisione è il fatto che, su questo tipo di argomento e in questo particolare distretto anatomico, la letteratura non è particolarmente ricca, per cui è difficile trovare conferma dei risultati ottenuti in un singolo studio.

Negli articoli presi in considerazione, comunque, viene dimostrato su pazienti con instabilità funzionale/cronica di caviglia che:

- L'utilizzo di un bendaggio di riposizionamento fibulare (FRT) ha efficacia per la disinibizione del muscolo soleo;
- Le tecniche di terapia manuale associate ad esercizi propriocettivi e di rinforzo per l'articolazione tibio-tarsica sono più efficaci rispetto all'esecuzione dei semplici esercizi;
- L'utilizzo di dispositivi di destabilizzazione non ha miglioramenti significativi sulla funzione e sulla disabilità articolare rispetto alla riabilitazione senza dispositivi. Ciò che risulta più efficace è un programma di trattamento basato su esercizi specifici per il miglioramento del ROM, della forza muscolare e dell'equilibrio;
- L'utilizzo di una piattaforma vibrante, associata al pallone BOSU, non ha nessuna efficacia sull'attività elettrica, sulla coppia massima e rapporto eccentrico-concentrico

(misurazioni dell'attività neuro-muscolare e della forza muscolare), ma ha invece un impatto importante sul tempo di reazione dei muscoli peroniero breve, peroniero lungo e tibiale anteriore;

- La stimolazione trans-cranica anodica a corrente continua (aTDCS), associata ad esercizi, migliora l'eccitabilità corticale e successivamente l'attivazione muscolare, la stabilità posturale dinamica e la disabilità percepita dai pazienti.

L'utilizzo di queste metodiche potrebbe essere, quindi, molto utile nel trattamento fisioterapico delle disfunzioni muscolo-scheletriche in pazienti con instabilità di caviglia.

Rimane comunque la necessità di effettuare ulteriori studi per confermare i risultati presi in considerazione.

Bibliografia

1. J. Ty Hopkins and Christopher D. Ingersoll: Arthrogenic Muscle inhibition: A Limiting Factor in Joint Rehabilitation. Sport rehabilitation - 2000.
2. David Andrew Rice and Peter John McNair: Quadriceps Arthrogenic Muscle Inhibition: Neural Mechanisms and Treatment Perspectives. Seminar in arthritis and rheumatism – 2010.
3. M. V. Hurley “The effects of joint damage on muscle function, proprioception and rehabilitation”. Manual therapy – 1997.
4. F. Musarra, M. Testa: “Riabilitazione post-chirurgica nel paziente ortopedico” – Capitolo 1: Obiettivi e fasi della riabilitazione – Recupero del controllo motorio.
5. David Andrew Rice, Peter John McNair, Gwyn Nancy Lewis and Nicola Dalbeth: Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: the effects of experimental knee joint effusion on motor cortex excitability
6. Bertrand Sonnery-Cottet, Adnan Saithna, Benedicte Quelard, Matt Daggett, Amrut Borade, Hervé Ouanezar, Mathieu Thauinat, William G Blakeney: Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions
7. B. Sonnery-Cottet, A. Saithna, B. Queland, M. Dagget, A. Borade, H. Ouanezar, M. Thauinat, W. Blackeney: Arthrogenic muscle inhibition after LCA reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. British journal of sports medicine – 2017.
8. Rice, D.A. and P.J. McNair: Quadriceps arthrogenic muscle inhibition: neural mechanisms and treatment perspectives. Semin Arthritis Rheum - 2010.
9. Eric D McVey, Riann M Palmieri, Carrie L Docherty, Steven M Zinder, Christopher D Ingersoll: Arthrogenic muscle inhibition in the leg muscles of subjects exhibiting functional ankle instability. Foot & Ankle International - 2005.
10. Kim, K.M., C.D. Ingersoll, and J. Hertel, Altered postural modulation of Hoffmann reflex in the soleus and fibularis longus associated with chronic ankle instability. J Electromyogr Kinesiol - 2012.
11. Lindsey W. Klykken, Brian G. Pietrosimone, Kyung-Min Kim, Christopher D. Ingersoll and Jay Hertel: Motor-Neuron Pool Excitability of the Lower Leg Muscles After Acute Lateral Ankle Sprain. Journal of Athletic training – 2011.
12. Palmieri-Smith R.M., Hopkins J. T., Brown T. N.: Peroneal Activation Deficits in Persons with Functional Ankle Instability. The American Journal of Sports Medicine – 2009.
13. Esther Chou, Kyung-MinKim, Andrew G.Baker, JayHertel, Joseph M.Hart: Lower leg neuromuscular changes following fibular reposition taping in individuals with chronic ankle instability. Manual therapy – 2012.
14. Robroy L Martin, James J Irrgang, Ray G Burdett, Stephen F Conti, Jessie M Van Swearingen: Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). Foot and Ankle International – 2005.
15. Claire E. Hiller, Kathryn M.Refsauge, Anita C.Bundy, Rob D.Herbert, Sharon L.Kilbreath: The Cumberland Ankle Instability Tool: A Report of Validity and Reliability Testing. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation – 2006.

16. Gustavo Plaza-Manzano, Marta Vergara-Vila, Sandra Val-Otero, Cristina Rivera-Prieto, Daniel Pecos-Martin, Tomás Gallego-Izquierdo, Alejandro Ferragut-Garcías, Natalia Romero-Franco: Manual therapy in joint and nerve structures combined with exercises in the treatment of recurrent ankle sprains: A randomized, controlled trial. *Manual Therapy* – 2016.
17. Donovan L, Hart JM, Saliba SA, Park J, Feger MA, Herb CC, Hertel J.: Rehabilitation for Chronic Ankle Instability With or Without Destabilization Devices: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Athletic training* – 2016
18. Phillip J. Plisky, Paul P. Gorman, Robert J. Butler, Kyle B. Kiesel, Frank B. Underwood, Bryant Elkins: The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test. *North American Journal of Sports Physical Therapy* – 2009.
19. Sierra-Guzmán R, Jiménez JF, Ramírez C, Esteban P, Abián-Vicén J.: Effects of Synchronous Whole Body Vibration Training on a Soft, Unstable Surface in Athletes with Chronic Ankle Instability. *International journal of sports medicine* – 2017.
20. Bruce AS, Howard JS, VAN Werkhoven H, McBride JM, Needle AR: The Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Chronic Ankle Instability. *Medicine and science in sports and exercise* – 2020.

Sitografia

- A. <https://pedro.org.au/italian/resources/pedro-scale/>
- B. <https://www.fisiobrain.com/modificazioni-neuromuscolari-tape-di-riposizionamento-articolare-instabilita-cronica-caviglia/>