



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

Alterazioni sensomotorie nei soggetti con chronic ankle instability

Candidato:

Dott. FT Nicholas Munari

Relatore:

Dott. FT OMPT Mattia Bonfatti



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Scuola di Scienze Mediche e Farmaceutiche

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

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2020/2021

Campus Universitario di Savona

Alterazioni sensomotorie nei soggetti con chronic ankle instability

Candidato:

Dott. FT Nicholas Munari

Relatore:

Dott. FT OMPT Mattia Bonfatti

Alla mia famiglia

A Tarci e ad Ethan

INDICE

| | |
|--|----|
| Abstract | |
| Introduzione | 1 |
| <i>Chronic Ankle Instability</i> | 1 |
| <i>Evoluzione dei modelli di interpretazione della CAI</i> | 2 |
| Materiali e Metodi | 5 |
| Risultati | 9 |
| <i>Flow Chart Riassuntiva</i> | 13 |
| <i>Analisi articoli</i> | 14 |
| <i>Articoli sull'equilibrio</i> | 14 |
| <i>Articoli sul dolore</i> | 16 |
| <i>Articoli sulla propiocezione</i> | 16 |
| <i>Articolo sulle funzioni sensorimotorie vs instabilità meccanica</i> | 18 |
| <i>Articoli sulla forza muscolare</i> | 19 |
| <i>Articoli sul controllo posturale e le strategie motorie</i> | 22 |
| <i>Articoli sulla neuroplasticità</i> | 32 |
| <i>Outcomes dei case control e cross-sectional selezionati</i> | 34 |
| Discussione | 37 |
| <i>L'equilibrio</i> | 37 |
| <i>Dolore</i> | 38 |
| <i>Propriocezione</i> | 39 |
| <i>Forza muscolare</i> | 40 |
| <i>Controllo posturale e strategie motorie</i> | 41 |
| <i>Neuroplasticità ed alterazioni nel sistema nervoso centrale</i> | 42 |
| Conclusione | 44 |
| Bibliografia | 45 |

Abstract

Introduzione: La chronic ankle instability (CAI) è una delle conseguenze a lungo termine più comune delle distorsioni di caviglia, si presenta in un'alta percentuale sia di popolazione sportiva che generale e costituisce un problema per la disabilità e le limitazioni nelle attività. Solitamente si presenta con distorsioni ricorrenti, senso di instabilità, episodi di *giving way* ed altri segni associati come dolore, gonfiore e rigidità. In passato sono stati proposti vari modelli di interpretazione della CAI che hanno messo in relazione sia l'instabilità meccanica propria del distretto caviglia che l'instabilità funzionale associata a delle alterazioni sensomotorie. Questo elaborato ha proprio lo scopo di analizzare la letteratura riguardo le principali alterazioni sensomotorie e i deficit corticospinali presenti negli individui con CAI.

Materiali e Metodi: La ricerca bibliografica avrà come popolazione di riferimento gli individui adulti con CAI. Verranno inclusi gli studi che mettono in correlazione la CAI con le alterazioni sensomotorie e i deficit corticospinali. La ricerca verrà condotta su due banche dati: Pubmed e Cochrane. Verranno inclusi studi osservazionali e systematic review con o senza metanalisi e solo in italiano o in inglese. Dopo una prima selezione verranno esclusi tutti gli articoli che presentano la CAI associata all'età evolutiva, chirurgia o conseguente a problematiche diverse dalla distorsione di caviglia. La sintesi degli studi sarà una sintesi qualitativa narrativa.

Risultati: La ricerca condotta ha riportato 545 risultati dei quali sono stati inclusi 42 articoli. Questi articoli sono stati analizzati e suddivisi in categorie in base alle principali alterazioni sensomotorie presenti in letteratura riguardante la CAI. Le categorie sono: l'equilibrio, il dolore, la forza muscolare, la propriocezione, il controllo posturale e le strategie motorie. Sono stati inoltre analizzati alcuni articoli riguardanti la neuroplasticità del sistema nervoso centrale conseguente a CAI.

Conclusioni: Nonostante in letteratura ci sia ancora parecchia confusione sull'identificazione e l'arruolamento degli individui si è visto che gli studi sono abbastanza concordi nell'identificare deficit di equilibrio, di propriocezione e di forza muscolare nella popolazione con CAI; il dolore può essere presente o meno mentre si osservano molto frequentemente alterazioni del controllo posturale e differenze di strategie motorie nel cammino, nei salti e negli atterraggi rispetto gli individui sani. Altri studi, inoltre, mostrano come la CAI possa portare a livello del sistema nervoso centrale dei cambiamenti sia morfologici come, ad esempio, la quantità di sostanza grigia cerebellare, sia funzionali, come ad esempio, la modificazione di mappe corticali e la rappresentazione motoria di muscoli e ad azioni.

Keywords: *Chronic ankle instability, somatosensory disorders, sensorimotor cortex, sensorimotor deficits, functional ankle instability, neuroplasticity*

Introduzione

Chronic Ankle Instability

La distorsione di caviglia (LAS) è descritta come “un infortunio traumatico acuto del complesso legamentoso della caviglia in conseguenza ad una inversione del retropiede o una flessione plantare combinata ad adduzione del piede”¹. Si tratta dell’infortunio più comune dell’arto inferiore nella popolazione sportiva ed attiva². Essa presenta un’alta prevalenza anche tra la popolazione generale e la sua gestione comporta importanti costi diretti, indiretti e sociali anche a lungo termine dati i frequenti episodi di *reinjury* e il conseguente sviluppo di problematiche quali la *chronic ankle instability* (CAI)².

La CAI si sviluppa in più del 70% delle persone che hanno avuto una LAS tipicamente dopo poco tempo dall’infortunio^{2,3}, in uno studio di coorte⁴ è stata osservata la prevalenza del 40% del CAI dopo un anno dal primo episodio di distorsione di caviglia; è necessario comunque tenere in considerazione che tipo di popolazione si analizza: la popolazione sportiva è particolarmente affetta, gli sport dove c’è più probabilità di incorrere in distorsioni ricorrenti sono calcio, basket e pallavolo⁵ mentre chi esegue ginnastica ha una più alta percentuale di persistenza dei sintomi dopo una prima distorsione⁵.

Le percentuali comunque sono molto variabili per la difficoltà nel differenziare l’effettiva presenza di CAI da altri sintomi conseguenti ad una distorsione di caviglia, per questo motivo l’*International Ankle Consortium*⁶ nel 2014, basandosi su un lavoro di Delahunt et al.⁷, definì dei criteri di inclusione ed esclusione per cercare di migliorare l’arruolamento dei pazienti nei vari studi al fine di studiare al meglio questa problematica.

I criteri di inclusione sono:

- Storia di una distorsione di caviglia importante (definita come riportato precedentemente) avvenuta almeno 12 mesi prima con l’insorgenza di sintomi infiammatori e che abbia interrotto l’attività fisica per almeno 1 giorno
- Storia di *giving way** e/o distorsioni ricorrenti[†] e/o sensazione di instabilità[‡]. Il paziente deve avere avuto almeno 2 episodi di *giving way* in 6 mesi prima dell’arruolamento dello studio. La sensazione di instabilità può essere confermata con specifici questionari quali:
 - *Ankle Instability Instrument* (All): aver risposto “sì” alle ultime cinque domande
 - *Cumberland Ankle Instability Tool* (CAIT): < 24 punti
 - *Identification of Functional Ankle Instability* (IdFAI): > 11 punti

* Il verificarsi regolarmente di incontrollabili e imprevedibili episodi di eccessiva inversione del retro piede (solitamente durante il cammino o la corsa) che non esita in una distorsione di caviglia acuta⁷

† Due o più distorsioni alla stessa caviglia⁷

‡ Situazioni per cui durante le attività di vita quotidiana e sportive la persona percepisce che la caviglia è instabile ed è di solito associata alla paura di incorrere in nuove distorsioni acute⁷

- Utilizzo di questionari per descrivere il livello di disabilità correlato a piede e caviglia (raccomandato):
 - *Foot and Ankle Ability Measures (FAAM)*: scala sulle ADL < 90%, scala sullo sport < 80%
 - *Foot and Ankle Outcome Score (FAOS)*: < 75% in 3 o più categorie

I criteri di esclusione invece sono:

- Storia di chirurgia a strutture muscoloscheletriche in entrambe le estremità degli arti inferiori
- Storia di fratture in entrambi gli arti inferiori che hanno richiesto un allineamento
- Infortuni acuti a strutture muscoloscheletriche o altre articolazioni degli arti inferiori negli ultimi tre mesi

Evoluzione dei modelli di interpretazione della CAI

L'instabilità di caviglia è stata affrontata e descritta da diversi autori cercando di proporre diversi modelli di interpretazione, si cercherà brevemente di spiegare i principali passaggi che hanno portato alla definizione ed interpretazione attuale di CAI.

Il primo a parlare di instabilità di caviglia fu Freeman nel 1965 il quale conìò per primo il termine *functional instability* indicando quella disabilità che i pazienti descrivono come cedimento del piede (*giving way*) e la differenziò dalla *mechanical instability* ossia quella lassità articolare dovuta alla rottura dei legamenti laterali della caviglia⁹.

Successivamente Hertel nel 2002⁸ cercò di elaborare un modello che mettesse in relazione la *mechanical instability (MI)* con la *functional instability (FI)*. Egli affermò che per avere una visione più completa della CAI è necessario correlare le due entità in quanto da sole non riescono a descrivere l'intero spettro di condizioni anormali presenti nell'instabilità cronica. Hertel descrive la MI come "il risultato di cambiamenti anatomici dopo una iniziale distorsione di caviglia che possono portare a deficit che predispongono la caviglia ad episodi di instabilità"⁸. Questi cambiamenti anatomici secondo Hertel sono: lassità conseguente a danni legamentosi, impairments

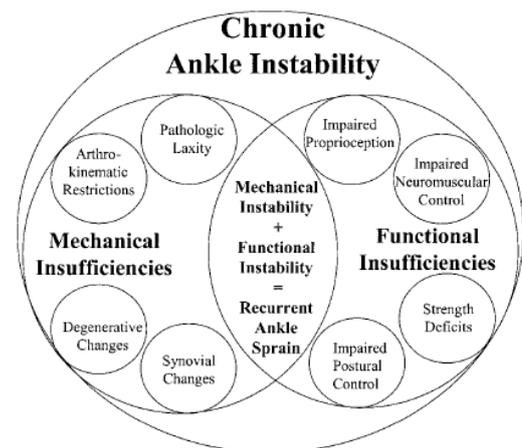


Figura 1: Hertel J. *Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability*

artrocinematici di ciascuna delle tre articolazioni della caviglia (talocrurale, subtalare e la tibiofibulare) ed infine cambiamenti sinoviali e degenerativi (infiammazioni sinoviali, impingement o lesioni osteocondrali). Con *Functional instability*, invece, egli intende tutti quei cambiamenti del sistema neuromuscolare adibito

al supporto dinamico della caviglia: egli afferma che deficit propriocettivi dovuti all'alterazione dei recettori posti nei legamenti danneggiati non sono in grado da soli di spiegare l'instabilità ed è quindi necessario tenere in considerazione anche tutte quelle variazioni del controllo neuromuscolare ossia quel sistema che è adibito al controllo dinamico della caviglia. Questi cambiamenti possono alterare il sistema di difesa dinamico e predisporre la caviglia a ricorrenti episodi di instabilità. Gli impairments intesi da Hertel⁸ che sottostanno alla FI sono: alterazioni della sensibilità e della propriocezione, del controllo neuromuscolare, del controllo posturale e deficit della forza muscolare. Hertel, tuttavia, non riesce a dare una correlazione costante tra instabilità meccanica e funzionale ed inoltre intende la CAI come una *recurrent ankle sprain*.

Nel 2011 Hiller et al⁹ propose una estensione del modello di Hertel⁸.

Anch'egli come Hertel⁸ definisce la CAI come "ripetitivi episodi di instabilità laterale di caviglia dati da numerose distorsioni di caviglia".

Egli propose un modello riprendendo i due gruppi (FI e MI) e correlandoli a ciò che per Hertel⁸ era la conseguenza della loro interazione ossia la *recurrent sprain*, così facendo identificò sette sottogruppi. Un aspetto importante nel suo studio è dato dal fatto che sostituì la denominazione *functional instability* con *perceived instability*, ciò che per lui è rilevante è la percezione del paziente di avere una caviglia instabile in correlazione o meno con segni oggettivi, per cui considerò anche funzioni cognitive superiori per poter esaminare al meglio la sensazione di instabilità.

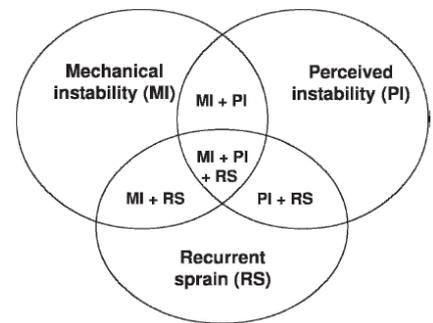


Figura 2: Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic Ankle Instability: Evolution of the Model.

Più recentemente Hertel¹⁰ propose una nuova elaborazione del modello di interpretazione sullo sviluppo della CAI basato sul modello biopsicosociale. Egli afferma

che dopo una "primaria lesione dei tessuti" identificata con una LAS il paziente può presentare tre diversi tipi di *impairments*: patomeccanici, del comportamento motorio e senso-percettivi. I primi, chiamati *pathomechanical impairments*, sono definiti come "le anomalie strutturali della caviglia e dei tessuti limitrofi secondari a LAS"¹⁰. In questa categoria egli comprende: lassità

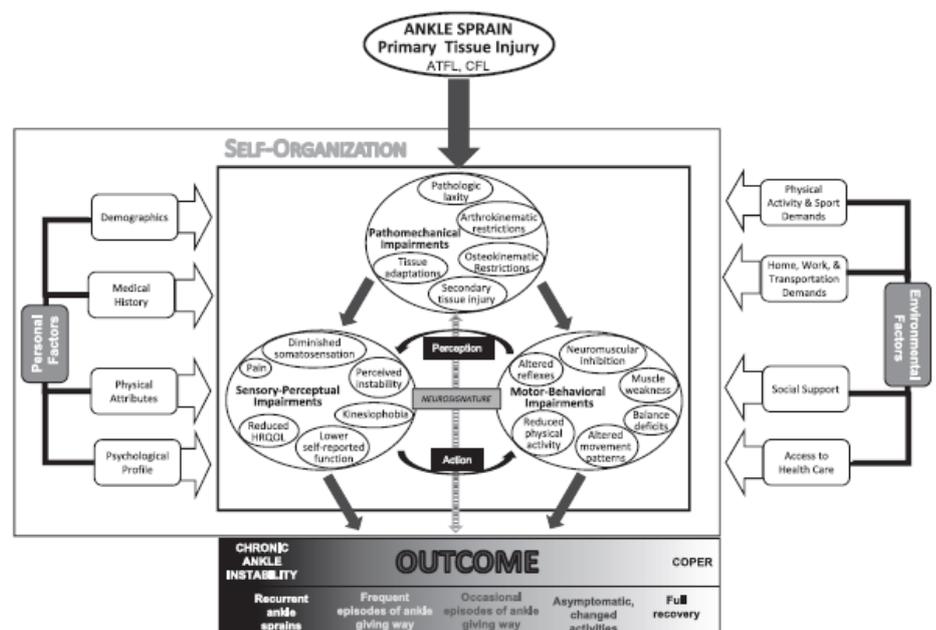


Figura 3: Hertel J, Corbett RO. An Updated Model of Chronic Ankle Instability

patologica, restrizioni artrocinematiche ed osteocinematiche, lesioni secondarie e cambiamenti tissutali. Gli *sensory-perceptual impairments* sono definiti come “condizioni che il paziente sente e percepisce riguardo il proprio corpo, il proprio infortunio e se stesso”¹⁰, in questo dominio son compresi: diminuita somatosensibilità, dolore, instabilità percepita, chinesiofobia, riduzione delle funzioni autoriportate dal paziente e diminuzione della qualità di vita. Gli *motor-behavioral impairments* invece costituiscono le alterazioni della parte motoria delle funzioni sensomotorie ossia riflessi alterati, inibizione neuromuscolare, debolezza muscolare, deficit di equilibrio, alterati pattern di movimento nel cammino, nella corsa e nell’atterraggio ed infine una riduzione dell’attività fisica. Nel modello proposto questi tre domini sono strettamente correlati tra loro attraverso vari meccanismi, tra questi si sottolinea il “ciclo percezione-azione” che permette una continua comunicazione ed integrazione degli input sensoriali con quelli motori e viceversa e quindi una stretta correlazione tra *sensory-perceptual impairments* e *motor-behavioral impairments*.

Tutti questi aspetti sono poi influenzati dai fattori personali del paziente e dai fattori dell’ambiente in cui esso vive. Infine, Hertel¹⁰ delinea diverse possibilità di outcomes a 12 mesi dal primo infortunio: il paziente dopo 12 mesi dalla LAS può essere definito un *coper* e quindi non riportare sintomi o deficit nella funzione e aver ripreso le normali attività oppure può sviluppare sensazioni di *giving way* e distorsioni frequenti fino ad essere considerato un soggetto con CAI il quale è definito da Hertel come “paziente che ha avuto la distorsione iniziale più di 12 mesi prima, che ha una propensione per distorsioni ricorrenti, ha frequenti episodi o frequenti percezioni di *giving way* e persistenti sintomi come dolore, gonfiore, diminuzione del ROM, debolezza, e riduzione di funzioni riferite”¹⁰.

I principali sintomi quindi che un individuo con CAI può presentare sono legati sia all’instabilità meccanica e fattori artrocinematici come ad esempio una iperlassità dovuta alle lesioni di strutture legamentose ed una ipomobilità soprattutto in dorsiflessione¹¹ sia a deficit più funzionali legati all’alterazione del sistema sensorimotorio come ad esempio deficit propriocettivi, diminuzione del riflesso di reazione, diminuzione della forza muscolare, del controllo posturale e di attività funzionali come il cammino, la corsa e l’atterraggio^{12,13}.

Questo lavoro si concentrerà prevalentemente sull’aspetto funzionale dell’instabilità di caviglia, il suo scopo è quello di analizzare la recente letteratura riguardante le principali alterazioni sensomotorie ed i deficit corticospinali legati agli esiti di *chronic ankle instability* al fine di poter fornire delle considerazioni che possono essere rilevanti nella riabilitazione di questa patologia.

Materiali e Metodi

Si cercherà di analizzare la letteratura riguardante la chronic ankle instability e le alterazioni sensomotorie che essa può presentare, inoltre si vuole vedere se sono presenti delle pubblicazioni che mettono in relazione la CAI con delle modificazioni a livello del Sistema Nervoso Centrale concentrandosi prevalentemente sul tratto corticospinale.

Non essendoci un termine di confronto per elaborare il PICO si è deciso di considerare due diversi PO (popolazione ed outcome) per l'elaborazione delle stringhe di ricerca.

PO 1

P: Individui con chronic ankle instability

O: alterazioni sensomotorie

PO 2:

P: Individui con chronic ankle instability

O: modificazioni del tratto corticospinale

Considerando il quesito di ricerca verranno prese le seguenti tipologie di studio: Studi osservazionali analitici (*case control study, cross sectional study, cohort study*), *systematic review* con o senza metanalisi.

Sarà preso in considerazione come limite temporale per la selezione degli articoli quello di anni 8, cioè tutte quelle pubblicazioni conseguenti all'*International Ankle Consortium* del 2014⁶.

Inizialmente ci sarà una prima selezione attraverso la lettura dei titoli e si escluderanno tutti quegli articoli che:

- Non sono pubblicati in lingua inglese o italiana
- Prendono in considerazioni problematiche diverse dalla CAI
- Non sono condotti su umani

Successivamente si procederà con la lettura degli abstract e dei full-text e si escluderanno gli articoli che presentano:

- CAI nella popolazione in età evolutiva (< 18 anni)
- CAI associata a chirurgia
- CAI in seguito a fratture o altre problematiche che non siano distorsioni di caviglia

Si cercherà di considerare principalmente quegli studi che arruolano la popolazione CAI rispettando i criteri di inclusione ed esclusione dell'*International Ankle Consortium* del 2014⁶.

Si è deciso di condurre la ricerca bibliografica nei seguenti database:

- Pubmed
- Cochrane

Le Key Words che saranno correlate poi con gli operatori booleani AND, OR e NOT saranno le seguenti:

| <i>Popolazione</i> | <i>Outcome (1)</i> | <i>Outcome (2)</i> |
|-------------------------------------|--|--|
| "chronic ankle instability" [TI,AB] | "somatosensory disorders" [MeshTerms] | "sensorimotor cortex" [MeshTerms], [All Fields] |
| "ankle injuries" [MeshTerms] | "sensorimotor deficits" [TI,AB] | "spinal cord" [MeshTerms] |
| "ankle instability" [TI,AB] | | "Neuronal Plasticity" [MeshTerms] |
| "functional ankle instability" | | "neuroplasticity" [TI,AB] |
| "mechanical ankle instability" | | "Central nervous system" [Mesh Terms], [All Fields] |

Le stringhe elaborate sono le seguenti:

PO 1:

1: (*ankle injuries*[MeSH Terms] OR *"chronic ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"function ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"mechanical ankle instability"*[Title/Abstract]) AND (*somatosensory disorders*[MeSH Terms] OR *"sensorimotor deficits"*[Title/Abstract])

PO 2:

2: (*ankle injuries*[MeSH Terms] OR *"chronic ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"function ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"mechanical ankle instability"*[Title/Abstract]) AND (*sensorimotor cortex*[MeSH Terms] OR *"sensorimotor cortex"* OR *spinal cord*[MeSH Terms] OR *central nervous system*[MeSH Terms] OR *"central nervous system"*)

3: (*"ankle injuries"*[MeSH Terms] OR *"chronic ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"function ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"ankle instability"*[Title/Abstract] OR *"mechanical ankle instability"*[Title/Abstract]) AND (*"neuronal plasticity"*[MeSH Terms] OR *"neuroplasticity"*[Title/Abstract])

Una volta lanciate le stringhe nei Database i risultati sono i seguenti:

- Pubmed: **67** risultati (di cui 4 erano presenti in due o più stringhe)
- Cochrane: **12** risultati

Dato il basso numero di risultati si è cercato di inserire altre *Key words* per aumentare la sensibilità della ricerca soprattutto per quanto riguarda il PO 1.

Le nuove keywords aggiunte sono le seguenti:

| <i>Popolazione</i> | <i>Outcome (1)</i> | <i>Outcome (2)</i> |
|-------------------------------------|--|--|
| "chronic ankle instability" [TI,AB] | "somatosensory disorders" [MeshTerms] | "sensorimotor cortex" [MeshTerms], [All Fields] |
| "ankle injuries" [MeshTerms] | "sensorimotor deficits" [TI,AB] | "spinal cord" [MeshTerms] |
| "ankle instability" [TI,AB] | <u>"postural control" [TI,AB]</u> <u>Postural balance [MeshTerms]</u> | "Neuronal Plasticity" [MeshTerms] |
| "functional ankle instability" | <u>"proprioception" OR</u> <u>"kinesthesia" [MeshTerms]</u> | "neuroplasticity" [TI,AB] |
| "mechanical ankle instability" | <u>"reflex reaction"</u> | "Central nervous system" [Mesh Terms], [All Fields] |
| | <u>"joint position sense" [TI,AB]</u> | |
| | <u>"center of pressure" [TI,AB]</u> | |
| | <u>"static balance" [TI,AB]</u> | |
| | "dynamic balance"[TI/AB] | |
| | <u>"postural sway" [TI/AB]</u> | |
| | <u>"reaction time" [TI/AB]</u> | |
| | <u>"muscle strenght" [MeshTerms]</u> | |

Le nuove Key words sono state tutte correlate con l'operatore OR e poi correlate con le parole "alteration" OR "deficit" OR "deficits" tramite l'operatore AND.

La nuova stringa elaborata è la seguente:

("ankle injuries"[MeSH Terms] OR "chronic ankle instability"[Title/Abstract] OR "function ankle instability"[Title/Abstract] OR "ankle instability"[Title/Abstract] OR "mechanical ankle instability"[All Fields]) AND (("sensorimotor deficits"[All Fields] OR "postural balance"[MeSH Terms] OR "postural control"[Title/Abstract] OR "proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception"[Title/Abstract] OR "kinesthesia"[MeSH Terms] OR "kinesthesia"[Title/Abstract] OR "reflex reaction"[Title/Abstract] OR "joint position sense"[Title/Abstract] OR "center of pressure"[Title/Abstract] OR "static balance"[Title/Abstract] OR "dynamic balance"[Title/Abstract] OR "postural sway"[Title/Abstract] OR "postural sway"[Title/Abstract] OR "reaction time"[Title/Abstract] OR muscle strength[MeSH Terms]) AND ("deficit"[Title/Abstract]) OR "deficits"[Title/Abstract] OR "alteration"[Title/Abstract]))

Viene quindi sostituita questa stringa a quella n°1 elaborata precedentemente e vengono nuovamente lanciate nei database. I risultati ottenuti sono i seguenti:

Pubmed: **397** risultati

Cochrane: **144** risultati

La sintesi degli studi sarà una sintesi qualitativa (narrativa) durante la quale si cercherà di sintetizzare i concetti principali emersi degli studi.

Risultati

Sono stati letti i risultati di ogni stringa lanciata su Pubmed e su Cochrane. In base ai criteri di inclusione ed esclusione scelti, è stata fatta una prima selezione attraverso la lettura dei titoli. Ciò che è stato ottenuto è riportato nella tabella seguente:

| Stringa | Articoli totali | Articoli esclusi | Articoli rimasti |
|---|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>(ankle injuries[MeSH Terms] OR "chronic ankle instability"[Title/Abstract] OR "function ankle instability"[Title/Abstract] OR "ankle instability"[Title/Abstract] OR "mechanical ankle instability"[Title/Abstract]) AND (sensorimotor cortex[MeSH Terms] OR "sensorimotor cortex" OR spinal cord[MeSH Terms] OR central nervous system[MeSH Terms] OR "central nervous system")</i> | 31 | 12 | 19 |
| <i>("ankle injuries"[MeSH Terms] OR "chronic ankle instability"[Title/Abstract] OR "function ankle instability"[Title/Abstract] OR "ankle instability"[Title/Abstract] OR "mechanical ankle instability"[Title/Abstract]) AND ("neuronal plasticity"[MeSH Terms] OR "neuroplasticity"[Title/Abstract])</i> | 4 | 0 | 4 |
| <i>("ankle injuries"[MeSH Terms] OR "chronic ankle instability"[Title/Abstract] OR "function ankle instability"[Title/Abstract] OR "ankle instability"[Title/Abstract] OR "mechanical ankle instability"[All Fields]) AND (("sensorimotor deficits"[All Fields] OR "postural balance"[MeSH Terms] OR "postural control"[Title/Abstract] OR "proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception"[Title/Abstract] OR "kinesthesia"[MeSH Terms] OR "kinesthesia"[Title/Abstract] OR "reflex reaction"[Title/Abstract] OR "joint position sense"[Title/Abstract] OR "center</i> | 366 | 114 | 252 |

| | | | |
|--|-----|-----|------------|
| of pressure"[Title/Abstract] OR "static balance"[Title/Abstract] OR "dynamic balance"[Title/Abstract] OR "postural sway"[Title/Abstract] OR "postural sway"[Title/Abstract] OR "reaction time"[Title/Abstract]OR muscle strength[MeSH Terms] AND ("deficit"[Title/Abstract]) OR "deficits"[Title/Abstract] OR "alteration"[Title/Abstract])) | | | |
| (Cochrane) #1 "chronic ankle instability" #2 "functional ankle instability" #3 "mechanical ankle instability" #4 "ankle instability" #5 #1 OR #2 OR #3 OR #4 #6 "sensorimotor deficits" #7 "sensorimotor deficit" #8 #6 OR #7 #9 MeSH descriptor: [Sensorimotor Cortex] explode all trees #10 MeSH descriptor: [Postural Balance] explode all trees #11 MeSH descriptor: [Somatosensory Disorders] explode all trees #12 MeSH descriptor: [Kinesthesia] explode all trees #13 "reflex reaction" #14 "center of pressure" #15 "static balance" #16 "dynamic balance" #17 "postural sway" #18 MeSH descriptor: [Muscle Strength] explode all trees #19 #6 OR #7 OR #10 OR #11 OR #12 OR #13 OR #14 OR #15 OR #16 OR #17 OR #18 OR #19 #20 #5 AND #8 3 RISULTATI #21 #5 AND 20 87 RISULTATI #22 #5 AND #9 2 RISULTATI | 144 | 14 | 130 |
| Totale | 545 | 140 | 405 |

In seguito, sono stati poi confrontati gli articoli per vedere se erano presenti doppioni ed i titoli sono stati suddivisi in macroargomenti. Questo passaggio è stato fatto per cercare di mettere un po' d'ordine ai risultati in quanto l'argomento si è dimostrato molto vasto. La suddivisione è arbitraria ed è stata fatta in base al tema che si poteva intuire dal titolo dell'articolo.

I risultati sono i seguenti:

| Argomento | N° Articoli |
|--|--------------------|
| <i>Neuroplasticità/funzioni cognitive/funzioni corticali/stimolazione transcranica</i> | 21 |
| <i>Alterazioni sensomotorie vs Instabilità meccanica</i> | 21 |
| <i>Equilibrio/Trattamenti sull'equilibrio</i> | 56 |
| <i>Strategie di movimento e controllo posturale</i> | 89 |
| <i>Propriocezione e position sense</i> | 24 |
| <i>Forza muscolare ed esercizio</i> | 55 |
| <i>Dolore ed alterazione sensibilità</i> | 3 |
| <i>Nozioni generali sulla CAI</i> | 20 |
| <i>Confronto tra trattamenti non inerenti alle categorie precedenti</i> | 80 |
| | 369 |

Successivamente si è proceduto ad una seconda selezione basandosi sulla tipologia degli studi e la lettura degli abstract mantenendo i macroargomenti scelti precedentemente.

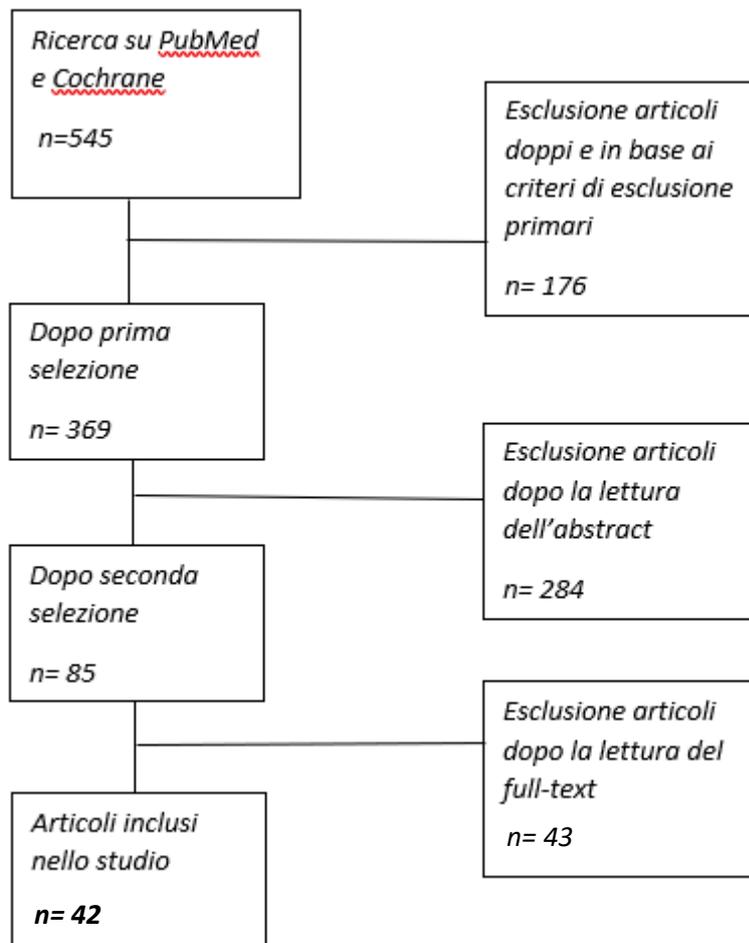
I risultati sono i seguenti:

| Argomento | N° Articoli |
|--|--------------------|
| <i>Neuroplasticità/funzioni cognitive/funzioni corticali/stimolazione transcranica</i> | 9 |
| <i>Alterazioni sensomotorie vs Instabilità meccanica</i> | 3 |
| <i>Equilibrio/Trattamenti sull'equilibrio</i> | 6 |
| <i>Strategie di movimento e controllo posturale</i> | 39 |
| <i>Propriocezione e position sense</i> | 8 |
| <i>Forza muscolare ed esercizio</i> | 18 |
| <i>Dolore ed alterazione sensibilità</i> | 2 |
| <i>Nozioni generali sulla CAI</i> | 0 |
| <i>Confronto tra trattamenti non inerenti alle categorie precedenti</i> | 0 |
| | 85 |

Dopo la lettura dei full-test gli articoli selezionati sono:

| Argomento | N° Articoli |
|--|--------------------|
| <i>Neuroplasticità/funzioni cognitive/funzioni corticali/stimolazione transcranica</i> | 4 |
| <i>Alterazioni sensomotorie vs Instabilità meccanica</i> | 1 |
| <i>Equilibrio/Trattamenti sull'equilibrio</i> | 4 |
| <i>Strategie di movimento e controllo posturale</i> | 20 |
| <i>Propriocezione e position sense</i> | 5 |
| <i>Forza muscolare ed esercizio</i> | 7 |
| <i>Dolore ed alterazione sensibilità</i> | 1 |
| <i>Nozioni generali sulla CAI</i> | 0 |
| <i>Confronto tra trattamenti non inerenti alle categorie precedenti</i> | 0 |
| | 42 |

Flow Chart Riassuntiva



Analisi articoli

Articoli sull'equilibrio

(1) Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. **Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury**, 2016¹⁴

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Quantificare i deficit di equilibrio dinamico che caratterizza un gruppo con CAI comparato ad un gruppo di copers di LAS dopo un anno dall'episodio e un gruppo sano usando outcomes cinetici e cinematici. | Sono stati reclutati 42 partecipanti con CAI, 28 copers dopo una LAS avvenuta 1 anno prima e 20 partecipanti sani. Viene chiesto a tutti i partecipanti di compiere lo SEBT nella direzione anteriore, postero-mediale e postero-laterale. Sono state valutate anche la cinematica dell'arto inferiore sul piano sagittale e la variazione del centro di pressione. | I partecipanti con CAI dimostrano una performance più povera in tutti i reach rispetto i soggetti sani e nella direzione postero-laterale rispetto gli individui con LAS di un anno precedente. Il deficit nei reach posteriori è dato da una riduzione della flessione di anca, ginocchio e caviglia nel punto più distante e coincide con una riduzione della variazione del centro di pressione. |

(2) Kosik KB, Johnson NF, Terada M, Thomas AC, Mattacola CG, Gribble PA. **Decreased dynamic balance and dorsiflexion range of motion in young and middle-aged adults with chronic ankle instability**, 2019¹⁵

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Comparare l'equilibrio dinamico e la dorsiflessione in carico tra giovani e adulti con e senza CAI. | Sono stati reclutati 157 partecipanti. Prima divisi in giovani adulti (18-40 anni) e adulti di mezza età (41-70 anni) poi suddivisi in sani (62), copers (15) e con CAI (61). A questi viene chiesto di completare il <i>weigh-bearing lunge test</i> e lo SEBT nelle direzioni anteriore, postero-mediale e postero-laterale. | Gli adulti di mezza età raggiungevano distanze minori per ciascuna direzione del balance test rispetto ai giovani adulti. Indipendentemente dall'età, i partecipanti con instabilità cronica di caviglia hanno ottenuto risultati peggiori nel SEBT rispetto ai copers e al gruppo di controllo sano. Allo stesso modo, i partecipanti con instabilità cronica di caviglia avevano meno dorsiflessione rispetto ai sani, ma non rispetto il gruppo coper ($p > 0,05$). |

(3) Powell MR, Powden CJ, Houston MN, Hoch MC. ***Plantar cutaneous sensitivity and balance in individuals with and without chronic ankle instability***, 2014¹⁶

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Determinare se la sensibilità tattile plantare e il controllo posturale differiscono tra persone con o senza CAI | Sono stati reclutati 10 partecipanti con CAI e 10 senza storie di distorsioni. Viene valutata la sensibilità sul tallone, alla base del V metatarso e alla fine del I metatarso usando il <i>Semmes-Weinstein Monofilaments</i> poi i partecipanti vengono sottoposti al BESS. | Gli individui con CAI hanno mostrato un deficit nel tocco leggero in tutti e tre i siti esaminati. Inoltre, hanno dimostrato punteggi più bassi nella BESS in tutte le situazioni. Si è vista una forte correlazione tra deficit di sensibilità del V metatarso e i tempi di aggiustamento posturale antero-posteriori. |

(4) Zhang L, Lu J, Cai B, Fan S, Jiang X. ***Quantitative assessments of static and dynamic balance performance in patients with chronic ankle instability***, 2020¹⁷

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|--|
| <i>Case-control study</i> | Quantificare i deficit di equilibrio in pazienti con CAI unilaterale. | Sono stati reclutati 44 pazienti con CAI e 26 individui sani e sono stati sottoposti a diverse prove di equilibrio statico e dinamico utilizzando il <i>Neurocom Balance Manager</i> . | Nella prova di stabilità, non c'erano differenze significative nella direzione in avanti; tuttavia, i tempi di reazione erano più lunghi nel gruppo CAI rispetto al gruppo di controllo nelle direzioni posteriori. Inoltre, il gruppo CAI ha mostrato più oscillazioni verso destra e verso sinistra e meno controllo direzionale verso sinistra. Nell'equilibrio monopodalico, la velocità dell'oscillazione del centro di gravità era più veloce nel gruppo CAI rispetto al gruppo di controllo, indipendentemente dal fatto che gli occhi fossero aperti o chiusi. Non c'erano differenze significative di gruppo nei risultati dei test di affondo in avanti. |

Articoli sul dolore

(5) Al Adal S, Pourkazemi F, Mackey M, Hiller CE. *The Prevalence of Pain in People With Chronic Ankle Instability: A Systematic Review*, 2019¹⁸

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|--------------------------|---|---|---|
| <i>Systematic Review</i> | Identificare la prevalenza di dolore nella popolazione con CAI. | Data Base:AMED, CINAHL, EMBASE, MEDLINE, PubMed, Scopus, SPORTDiscus, e Web of Science fino a marzo 2017. Studi selezionati: studi in cui si riportava la presenza di dolore alla caviglia nei pazienti con CAI. Non ci sono state restrizioni di anni e lingua. Sono stati esclusi gli studi che includevano interventi chirurgici. | 14 studi sono stati inclusi in questa revisione. Tutti gli autori hanno valutato il dolore alla caviglia mediante questionari di autovalutazione o esame fisico, o entrambi. Il dolore è stato auto-riferito dal 23% al 79% dei partecipanti e presente all'esame obiettivo dal 25% al 75% dei partecipanti, a seconda del test applicato. Tra questi studi, il livello di dolore più alto riportato era 4,9 su 11 di VAS. Gli studi erano eterogenei per le misure di dolore, gruppi di partecipanti, interventi e periodi di follow-up. Non sono state indagate negli studi le correlazioni tra dolore e attività funzionali. |

Articoli sulla propriocezione

(6) Kim CY, Choi JD. *Comparison between ankle proprioception measurements and postural sway test for evaluating ankle instability in subjects with functional ankle instability*, 2016¹⁹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Identificare la relazione tra la propriocezione della caviglia ed oscillazioni posturali nei soggetti con instabilità funzionale di caviglia. | Sono stati reclutati 79 soggetti, 40 con FAI e 39 sani. La propriocezione della caviglia è stata valutata attraverso la riproduzione dell'angolo articolare, l'adattamento della forza e la reazione muscolare ad una inversione improvvisa. Le oscillazioni posturali | Il tempo di reazione del peroneo lungo, il riconoscimento angolare e l'adattamento della forza della plantiflessione e dell'eversione differiscono significativamente tra i due gruppi. Queste variabili mostrano anche una significativa |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | sono state valutate attraverso una pedana di forza durante un <i>single leg balance test</i> . | correlazione con le oscillazioni posturali. |
|--|--|--|---|

(7) Madsen LP, Kitano K, Koceja DM, Zehr EP, Docherty CL. **Effects of chronic ankle instability on cutaneous reflex modulation during walking.** *Exp Brain Res*, 2019²⁰

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|---|--|
| <i>Case-control study</i> | Osservare le funzioni sensomotorie nei pazienti con CAI attraverso la modulazione del riflesso cutaneo durante il cammino. | Sono stati reclutati 11 soggetti CAI e 11 soggetti di controllo. Durante il cammino sul treadmill a 4km/h sono state date delle stimolazioni non nocive al nervo surale in otto diversi momenti del ciclo del passo | Gli individui con CAI hanno una minore risposta protettiva allo scarico del tricipite della sura in seguito ad una stimolazione ad alta intensità del nervo surale durante la fase del passo "early stance". |

(8) Xue X, Ma T, Li Q, Song Y, Hua Y. **Chronic ankle instability is associated with proprioception deficits: A systematic review and meta-analysis**, 2020²¹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|--|--|--|--|
| <i>Systematic review with metanalisi</i> | Esplorare la letteratura riguardante i deficit di propriocezione, cinestesia e "joint position sense" nella popolazione con CAI. | La ricerca è stata condotta in sette diversi database: Embase, Web of Science, SPORTDiscus, PubMed, Scopus, the Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (CINAHL), and Cochrane Library. Sono stati identificati studi che hanno confrontato la cinestesia o il JPS nei pazienti CAI con il lato controlaterale illeso o con i sani. Sono state condotte metanalisi per gli studi con procedure di test simili e sono state intraprese sintesi narrative per il resto. | Sono stati inclusi 30 articoli. Un totale di 20 articoli è stato utilizzato per la metanalisi. Comparando con l'arto controlaterale i pazienti con CAI presentano deficit cinestesici in inversione e plantiflessione, inoltre presentano deficit di JPS sia attivo che passivo in inversione. Comparando con gli individui sani quelli con CAI presentano sia deficit cinestesici che di JPS in inversione ed eversione. Deficit propriocettivi nel ginocchio e nella spalla in individui con CAI non sono statisticamente rilevanti. |

(9) Hagen M, Lemke M, Lahner M. **Deficits in subtalar pronation and supination proprioception in subjects with chronic ankle instability**, 2018²²

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Investigare il <i>Joint position sense</i> (JPS) subtalare e il <i>force sense</i> (FS) dei supinatori e pronatori nei soggetti con CAI | Sono stati reclutati 40 studenti sportivi, 20 con CAI e 20 senza storie di infortuni alla caviglia. Sono state esaminate il JPS e il FS attraverso un trasduttore di forza ed un goniometro integrati ad un apparecchio che permette il movimento in pronazione e supinazione subtalare. | Negli individui con CAI si può osservare una riduzione sia di FS che di JPS della pronazione e della supinazione rispetto il gruppo di controllo. |

(10) Kim CY, Choi JD, Kim HD. **No correlation between joint position sense and force sense for measuring ankle proprioception in subjects with healthy and functional ankle instability**, 2014²³

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|--|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Investigare la correlazione tra <i>Joint position sense</i> (JPS) e <i>force sense</i> (FS) nei soggetti con instabilità funzionale di caviglia. | Sono stati reclutati 69 individui, 35 con instabilità funzionale e 34 sani. Sono stati utilizzati metodi di riproduzione dell'angolo articolare e di corrispondenza della forza. Sono stati utilizzati un elettrogoniometro a due assi e una linea di forza. | Non sono state riscontrate correlazioni tra JPS e FS nei due gruppi esaminati eccetto per l'errore assoluto nella eversione. |

Articolo sulle funzioni sensorimotorie vs instabilità meccanica

(11) Kirby JL, Houston MN, Gabriner ML, Hoch MC. **Relationships between mechanical joint stability and somatosensory function in individuals with chronic ankle instability**, 2016²⁴

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|--|---|---|
| <i>Cross-sectional study</i> | Esaminare il rapporto tra le funzioni somatosensoriali e la stabilità meccanica e la relazione tra le funzioni somatosensoriali e le caratteristiche dei traumi pregressi. | Sono stati reclutati 40 individui con CAI. Sono state valutate variabili come il dislocamento anteriore e posteriore, la rotazione in eversione ed inversione, l'errore | Non sono state trovate correlazioni significative in nessuna delle variabili, le funzioni somatosensoriali non sembrano essere significativamente |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | assoluto nel <i>Joint Position Error, Semmes-Weinstein Monofilament test</i> , numero di distorsioni precedenti, numeri di episodi di <i>giving way</i> negli ultimi 3 mesi. | correlate alla stabilità meccanica della caviglia. |
|--|--|--|--|

Articoli sulla forza muscolare

(12) McCann RS, Bolding BA, Terada M, Kosik KB, Crossett ID, Gribble PA. ***Isometric Hip Strength and Dynamic Stability of Individuals With Chronic Ankle Instability***, 2018²⁵

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|--|
| <i>Case-control study</i> | Comparare la forza isometrica dell'anca e la stabilità dinamica negli individui con o senza CAI. | Sono stati reclutati 60 partecipanti divisi in CAI, copers di LAS ed individui sani. Viene analizzata la differenza tra i gruppi nel vettore risultante nel tempo di stabilizzazione (RVTTs) e nella forza isometrica in estensione, abduzione ed extrarotazione d'anca. | Il gruppo CAI ha meno forza isometrica in estensione ed extrarotazione d'anca dei LAS copers e del gruppo controllo. Non ci sono differenze significative tra i gruppi per la RVTTs e la forza in abduzione. |

(13) Cho BK, Park JK, Choi SM, Kang SW, SooHoo NF. ***The peroneal strength deficits in patients with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers and normal individuals***, 2017²⁶

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|--|
| <i>Case-control study</i> | Valutare il cambiamento della forza isocinetica nei pazienti con CAI rispetto ad un gruppo di copers ed individui sani. | Sono stati reclutati 42 pazienti con CAI, 31 copers e 30 individui del gruppo controllo. Per misurare la forza viene utilizzato un dinamometro isocinetico. | La coppia massima della velocità angolare a 60°/s per l'inversione e l'eversione è significativamente più bassa nel gruppo CAI rispetto al gruppo dei copers. C'è una significativa differenza nella forza in eversione tra i due lati all'interno del gruppo con CAI. La forza degli evertori ed invertori è significativamente più bassa negli individui con CAI |

(14) DeJong AF, Mangum LC, Hertel J. **Ultrasound Imaging of the Gluteal Muscles During the Y-Balance Test in Individuals With or Without Chronic Ankle Instability**, 2020²⁷

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Determinare se c'è differenza nella attivazione funzionale del grande e medio gluteo negli individui con e senza CAI. | Sono stati reclutati 20 individui con CAI e 20 individui senza CAI. Viene utilizzato un ecografo per valutare i glutei durante l' <i>Y balance test</i> e viene usato un sistema di 12 camere per la valutazione della cinematica dell'arto inferiore. | Gli individui con CAI mostrano deficit nel reach anteriore, inoltre dimostrano un rapporto di attivazione funzionale del grande gluteo maggiore rispetto al gruppo di controllo. |

(15) Donnelly L, Donovan L, Hart JM, Hertel J. **Eversion Strength and Surface Electromyography Measures With and Without Chronic Ankle Instability Measured in 2 Positions**, 2017²⁸

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|--|---|---|
| <i>Cross-sectional study</i> | Comparare l'ampiezza dell'elettromiografia di superficie del peroneo breve e lungo e la misura della forza in eversione in due diverse posizioni, neutra e flessione plantare, in un gruppo con e senza CAI. | Sono stati reclutati 28 adulti con CAI e 28 individui di controllo. Per la misura della forza è stato utilizzato un dinamometro tenuto in mano e per l'attivazione dei peronieri è stata utilizzata l'elettromiografia di superficie. | Il gruppo con CAI ha dimostrato una forza minore sia nella posizione neutrale sia in flessione plantare. Non ci sono differenze nell'ampiezza elettromiografica nei due gruppi. |

(16) Khalaj N, Vicenzino B, Heales LJ, Smith MD. **Is chronic ankle instability associated with impaired muscle strength? Ankle, knee and hip muscle strength in individuals with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis**, 2020²⁹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|--|--|---|--|
| <i>Systematic review with metanalisi</i> | Determinare se esistono dei deficit nella forza muscolare dell'arto inferiore negli individui con CAI. | Sono stati utilizzati i seguenti database: Pubmed, Cochrane, Cinhal, Web of Science e EMBASE, sono stati inclusi case-control e cross sectional study che confrontassero la forza muscolare dell'arto inferiore degli individui con CAI rispetto ad un gruppo di controllo. | Sono stati identificati 20 studi e 16 sono stati utilizzati per la metanalisi. La metanalisi ha mostrato che gli individui con CAI hanno una minore forza eccentrica e concentrica dei muscoli evertori, c'è una differenza media standardizzata nei due gruppi per la forza eccentrica e concentrica degli invertori e la forza |

| | | | |
|--|--|--|---|
| | | | concentrica degli estensori di ginocchio. La forza della dorsiflessione eccentrica non è significativamente differente. La flessione, abduzione e rotazione esterna dell'anca è minore negli individui con CAI. |
|--|--|--|---|

(17) Lee H, Son SJ, Kim H, Han S, Seeley M, Hopkins JT. ***Submaximal Force Steadiness and Accuracy in Patients With Chronic Ankle Instability***, 2021³⁰

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|--|
| <i>Case-control study</i> | Determinare se gli individui con CAI hanno un deficit nella stabilità e nella precisione della forza dell'anca e della caviglia rispetto ad un gruppo di controllo. | Sono stati reclutati 21 pazienti con CAI e 21 pazienti sani. Sono state valutate la massima contrazione isometrica volontaria e la stabilità e precisione della forza nei movimenti di inversione ed eversione di caviglia e abduzione dell'anca attraverso un dinamometro appositamente posizionato. | Il gruppo con CAI mostra una minore precisione nel mantenere la forza in inversione. In tutti i movimenti il gruppo CAI mostra minor stabilità e minor precisione al 10% della massima forza isometrica volontaria, inoltre dimostra anche una minor forza nella abduzione d'anca. |

(18) McCann RS, Crossett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. ***Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability***, 2017³¹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Esaminare la forza isometrica dell'anca e determinare il grado di varianza del <i>Star Excursion Balance Test</i> determinato dalla forza isometrica dell'anca. | Sono stati reclutati 30 individui con CAI, 29 copers e 26 individui di controllo. Si è utilizzato lo <i>Star Excursion Balance Test</i> nei reach anteriore, postero-mediale e postero-laterale e si è valutato la forza isometrica dell'anca in estensione, abduzione ed extrarotazione attraverso un dinamometro. | Il gruppo CAI ha un ponteggio più basso nel reach anteriore rispetto ai copers. Il gruppo CAI ha una minore forza sia in abduzione che in extrarotazione d'anca rispetto al gruppo dei copers e al gruppo di controllo. Nel 25% dei casi il deficit muscolare dell'anca spiega la varianza nei reach posteriori del SEBT. |

Articoli sul controllo posturale e le strategie motorie

(19) Bączkiewicz D, Falkowski K, Majorczyk E. ***Assessment of Relationships Between Joint Motion Quality and Postural Control in Patients With Chronic Ankle Joint Instability***, 2017³²

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|--|---|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Valutare i disturbi legati alla CAI nella qualità del movimento artrocinematico e nel controllo posturale, e le relazioni tra di essi. | Sono stati reclutati 63 soggetti maschi (31 con CAI e 32 controlli sani). Per l'analisi della qualità del movimento artrocinematico, sono stati raccolti i segnali vibroartrografici durante il movimento di flessione/estensione della caviglia utilizzando un accelerometro e descritti dai parametri di variabilità, ampiezza e frequenza. Utilizzando il <i>Biodex Balance System</i> è stato misurato l'equilibrio dinamico monopodalico della gamba in base agli indici di stabilità globale, anteroposteriore e mediolaterale. | Nei pazienti con CAI erano presenti deficit sia nella qualità del movimento artrocinematico della caviglia che in tutti i parametri del controllo posturale. |

(20) Brown CN, Ko J, Rosen AB, Hsieh K. ***Individuals with both perceived ankle instability and mechanical laxity demonstrate dynamic postural stability deficits***, 2015³³

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Lo scopo è di determinare se i soggetti con lassità meccanica mostrano differenze significative nella stabilità posturale dinamica rispetto ai soggetti sani, ai coper e quelli con instabilità percepita. | Su 93 partecipanti, 83 individui attivi a livello motorio sono stati divisi in 4 gruppi: controllo, coper, instabilità percepita e instabilità percepita con lassità. Si è chiesto loro di compiere un single limb jump landing. Sono stati raccolti dati sulla forza di reazione al suolo e sono stati calcolati gli indici di stabilità posturale dinamica antero-posteriore, mediale-laterale, verticale e combinato. | Gli individui con instabilità percepita e lassità meccanica hanno mostrato più deficit posturali dinamici rispetto ai coper e a quelli con solo instabilità percepita. La lassità meccanica può dunque contribuire ai deficit della stabilità posturale dinamica. |

(21) de la Motte S, Arnold BL, Ross SE. **Trunk-rotation differences at maximal reach of the star excursion balance test in participants with chronic ankle instability**, 2015³⁴

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|--|
| <i>Case-control study</i> | Determinare se la cinematica degli arti inferiori differiva nei partecipanti CAI nei reach anteromediale, mediale e posteromediale dello <i>Star Excursion Balance Test</i> . | Sono stati reclutati 20 soggetti CAI e 20 soggetti sani, sono stati sottoposti allo <i>Star Excursion Balance Test</i> . I partecipanti con CAI hanno utilizzato il lato instabile come gamba di appoggio. I partecipanti al controllo erano sesso, altezza, massa e lato abbinati al gruppo CAI. La cinematica tridimensionale è stata valutata con un sistema di acquisizione del movimento. | Non sono state rilevate differenze di distanza tra soggetti CAI e soggetti sani in nessuna delle tre direzioni. Nel reach anteromediale la rotazione del tronco, la rotazione pelvica e la flessione d'anca era maggiore nei soggetti CAI. Nel reach mediale i soggetti CAI presentavano una flessione di tronco maggiore. |

(22) Dejong AF, Koldenhoven RM, Hertel J. **Proximal Adaptations in Chronic Ankle Instability: Systematic Review and Meta-analysis**, 2020³⁵

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|--|---|---|---|
| <i>Systematic review with metanalisi</i> | Sintetizzare gli outcomes neuromuscolari e biomeccanici del tronco, dell'anca, della coscia e del ginocchio durante le valutazioni funzionali quando si confrontano gruppi CAI con gruppi sani. | La ricerca è stata condotta su Pubmed e sono stati inclusi quegli studi che analizzavano la cinematica, cinetica, elettromiografia di superficie, ecografia, forza, allineamento di tronco, anca, coscia o ginocchio. | Sono stati inclusi 55 articoli. Durante i compiti di salto il gruppo CAI ha una maggiore variabilità del movimento del tronco ed un aumento dei movimenti di flessione e rotazione durante i compiti di equilibrio. Il gruppo CAI presenta una minore forza in estensione abduzione e rotazione esterna di anca. La cinematica del ginocchio non differisce tra il gruppo CAI e il gruppo sano nei compiti di equilibrio dinamico. Alcuni studi dicono che i soggetti CAI hanno una alterata cinematica del ginocchio nei compiti di salto. |

(23) Ebrahimabadi Z, Naimi SS, Rahimi A, Sadeghi H, Hosseini SM, Baghban AA, Arsalan SA. ***The alteration of neuromuscular control strategies during gait initiation in individuals with chronic ankle instability***, 2017³⁶

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|--|
| <i>Case-control study</i> | Il presente studio mira a valutare i meccanismi di controllo neuromuscolare attraverso la valutazione degli spostamenti del centro di pressione (COP) durante il <i>gait initiation</i> pianificato e non pianificato in pazienti con CAI e individui sani. | A 22 soggetti con CAI unilaterale e 22 soggetti sani è stato chiesto di salire su una pedana di forza e di iniziare a camminare alla massima velocità in due condizioni: 1. pianificata 2. non pianificata. I parametri del COP sono stati valutati durante la fase preparatoria ed esecutiva del <i>gait Initiation</i> . | Lo spostamento del picco del COP verso la gamba oscillante è diminuito significativamente nella fase preparatoria del GI in condizioni pianificate e non pianificate nei pazienti con CAI rispetto al gruppo di controllo. La velocità in avanti dello spostamento del COP è aumentata nei pazienti CAI rispetto al gruppo di controllo nella fase di esecuzione del GI. |

(24) Herb CC, Grossman K, Feger MA, Donovan L, Hertel J. ***Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability***, 2018³⁷

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Valutare la cinematica, la cinetica dell'arto inferiore, la forza di reazione al suolo verticale (vGRF) e l'EMG di quattro muscoli dell'arto inferiore distale (gamba) durante il <i>drop vertical jump</i> (DVJ). | È stato chiesto a 47 giovani adulti attivi (24 CAI e 23 sani) di eseguire 10 DVJ dai quali sono stati raccolti dati relativi alla cinematica degli arti inferiori, la cinetica del piano frontale e sagittale, vGRF ed EMG della gamba tramite un sistema di acquisizione del movimento elettromagnetico. | I pazienti con CAI presentavano differenze nelle loro strategie di atterraggio che potrebbero essere correlate alla continua instabilità. I cambiamenti cinematici e cinetici dopo il contatto con il suolo e una maggiore vGRF possono essere correlati a una strategia di atterraggio errata. |

(25) Hoch MC, Gaven SL, Weinhandl JT. ***Kinematic predictors of star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability***, 2016³⁸

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|---|
| <i>Cross-sectional study</i> | Lo scopo principale di questo studio è identificare i fattori predittivi cinematici della distanza del reach anteriore durante lo <i>Star Excursion Balance</i> | 15 individui con CAI hanno eseguito il reach anteriore dello SEBT ed è stata loro valutata la dorsiflessione sotto carico. La distanza è stata valutata in | Il ROM della dorsiflessione in carico è significativamente correlato allo spostamento del tronco nel piano frontale e del |

| | | | |
|--|--|---|--------------------------------|
| | Test nei soggetti con CAI. Lo scopo secondario di questo studio è esaminare le relazioni tra il RoM in carico, la distanza del reach anteriore e la cinematica utilizzata durante le prestazioni SEBT. | centimetri e normalizzata. Il movimento di caviglia, ginocchio, anca e tronco è stata valutata attraverso un sistema di acquisizione del movimento. | ginocchio nel piano sagittale. |
|--|--|---|--------------------------------|

(26) Hopkins JT, Son SJ, Kim H, Page G, Seeley MK. **Characterization of Multiple Movement Strategies in Participants With Chronic Ankle Instability**, 2019³⁹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|--|
| <i>Case-control study</i> | Identificare strategie di movimento specifiche in un ampio campione di partecipanti con CAI e caratterizzare ciascuna strategia relativa a un campione di partecipanti di controllo sani. | Un totale di 200 individui con CAI (104 uomini, 96 donne) sono stati selezionati secondo i criteri di inclusione stabiliti dall' <i>International Ankle Consortium</i> e sono stati inseriti in gruppi basati sulla strategia di movimento. Un totale di 100 individui sani che fungevano da controlli (54 uomini, 46 donne) sono stati confrontati con ciascun cluster. Viene valutata la biomeccanica dell'arto inferiore e la forza di reazione al suolo durante un salto verticale seguito da uno spostamento laterale. | I partecipanti con CAI hanno mostrato sei strategie di movimento diverse, indicando che il CAI potrebbe essere caratterizzato da molteplici alterazioni del movimento distinte. Sono state inoltre identificate differenze negli angoli articolari, nei momenti articolari e nelle forze di reazione al suolo tra il cluster e il gruppo di controllo. |

(27) Jaber H, Lohman E, Daher N, Bains G, Nagaraj A, Mayekar P, Shanbhag M, Alameri M. **Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability**, 2018⁴⁰

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|--|
| <i>Case-control study</i> | Questo studio mira a confrontare il controllo posturale e l'attività elettromiografica (EMG) dei muscoli dell'anca e della caviglia durante l'esecuzione dello <i>Star Excursion Balance Test</i> | 48 partecipanti sono stati classificati in tre gruppi (16 di controllo, 16 copers, 16 CAI) sulla base della storia di distorsione della caviglia e del punteggio del <i>Cumberland Ankle</i> | Il gruppo CAI mostra una significativa diminuzione del controllo posturale ed una diminuzione dell'attività elettromiografica del tibiale anteriore durante la direzione anteriore e |

| | | | |
|--|-------------------------------------|---|---|
| | (SEBT) in soggetti con e senza CAI. | <i>Instability Tool</i> . Le misure di esito includevano la distanza del reach normalizzata, il centro di pressione (COP) e l'attivazione EMG integrata del gluteo medio, del grande gluteo, del tibiale anteriore e del peroneo lungo (durante ciascuna direzione dello SEBT). | del grande gluteo nella direzione postero laterale rispetto il gruppo di controllo. |
|--|-------------------------------------|---|---|

(28) Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. ***Altered movement strategies during jump landing/cutting in patients with chronic ankle instability***, 2019⁴¹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Lo scopo di questo studio è di studiare l'effetto della CAI sulla neuromeccanica di atterraggio/cambio di direzione, le caratteristiche cinematiche degli arti inferiori, l'attivazione elettromiografica (EMG) e la forza di reazione al suolo (GRF) | 100 pazienti CAI e 100 controlli sani, hanno eseguito cinque prove di un'attività di atterraggio e cambio di direzione. E sono stati raccolti dati riguardanti la cinematica della caviglia, del ginocchio e dell'anca sul piano sagittale e frontale, oltre che l'attivazione dell'EMG di otto muscoli degli arti inferiori e il GRF. | I pazienti CAI hanno dimostrato una riduzione della dorsiflessione della caviglia, un aumento dell'angolo di flessione di anca e ginocchio, un aumento dell'inversione e dell'angolo di adduzione dell'anca, un aumento dell'attivazione elettromiografica di gastrocnemio mediale, peroneo lungo, adduttore lungo, vasto laterale, grande e medio gluteo. Si è osservato inoltre un aumento della forza di reazione al suolo posteriore e verticale durante la prima parte dell'atterraggio e d una riduzione della forza di reazione al suolo mediale, posteriore e verticale durante la fase intermedia dell'atterraggio e del cambio di direzione. |

(29) Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. **Altered Movement Biomechanics in Chronic Ankle Instability, Coper, and Control Groups: Energy Absorption and Distribution Implications**, 2019⁴²

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Investigare la forza degli arti inferiori, la rigidità e la forza di reazione al suolo (GRF) durante un'attività di atterraggio e cambio di direzione tra individui con CAI, coper e gruppi di controllo. | È stato chiesto a 22 pazienti con CAI, 22 coper con distorsione alla caviglia e 22 partecipanti sani di controllo, di eseguire 5 prove di salto e cambio di direzione. Sono stati raccolti dati riguardanti la potenza e la rigidità dell'articolazione di caviglia, ginocchio e anca degli arti inferiori e la forza di reazione al suolo durante l'atterraggio di salto e l'attività di equilibrio mediante l'utilizzo di un sistema di acquisizione del movimento ed una pedana di forza. | Il gruppo CAI ha dimostrato una neuromeccanica alterata, ridistribuendo l'assorbimento di energia dalle articolazioni distali (caviglia) a quelle prossimali (ginocchio e anca), che hanno coinciso con una diminuzione della rigidità della caviglia e del ginocchio durante l'atterraggio. Il gruppo CAI ha utilizzato strategie alterate per modulare le forze di impatto durante l'attività. |

(30) Lee I, Ha S, Chae S, Jeong HS, Lee SY. **Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait**, 2021⁶⁰

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Studiare le differenze biomeccaniche degli arti inferiori tra soggetti con CAI, coper di distorsione di caviglia e soggetti sani, durante il cammino. | A 18 soggetti con CAI, 18 coper e 18 soggetti sani sono stati raccolti dati cinetici e cinematici tridimensionali dell'arto inferiore durante la camminata e il jogging. | Gli individui con CAI hanno mostrato deficit di dorsiflessione e maggiore inversione rispetto ai coper e controlli durante la camminata e il jogging. Inoltre, i coper LAS hanno mostrato un momento rotatorio interno di ginocchio maggiore rispetto agli individui con CAI. Non ci sono state differenze in altre variabili tra i gruppi. |

(31) McCann RS, Terada M, Kosik KB, Gribble PA. **Landing Kinematics and Isometric Hip Strength of Individuals With Chronic Ankle Instability**, 2019⁴³

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Confrontare la cinematica dell'atterraggio dell'arto inferiore e la forza isometrica dell'anca in pazienti con e senza CAI | Sono stati reclutati 25 pazienti con CAI, 25 soggetti LAS copers e 25 soggetti sani. Si è chiesto loro di completare cinque salti monopodalici con atterraggio e poi è stata valutata la forza isometrica dell'anca in estensione, abduzione e rotazione esterna. Sono stati utilizzati un sistema di analisi del movimento per la cinematica dell'atterraggio mentre per la misurazione della forza è stato utilizzato un dinamometro. | Il gruppo CAI presenta una minor abduzione d'anca durante l'atterraggio rispetto gli altri due gruppi. Il gruppo CAI presenta una minor forza in rotazione esterna d'anca. La forza dell'anca non è correlata alla cinematica dell'anca durante l'atterraggio in nessun gruppo. |

(32) Mohamadi S, Ebrahimi I, Salavati M, Dadgou M, Jafarpisheh AS, Rezaeian ZS. **Attentional Demands of Postural Control in Chronic Ankle Instability, Copers and Healthy Controls: A Controlled Cross-sectional Study**, 2020⁴⁴

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|---|---|
| <i>Cross-sectional study</i> | Capire se dei compiti cognitivi cambiano il controllo posturale in piedi nei soggetti con CAI, copers e sani. | 75 individui sono stati suddivisi in tre gruppi, un gruppo CAI (25), uno copers (25) e uno di controllo (25). Sono stati sottoposti ad un single leg standing su una pedana di forza con e senza vista e compiti cognitivi. Sono stati misurati l'area del centro di pressione, l'intervallo, l'indice e la velocità di oscillazione. | Il gruppo CAI ha mostrato maggiori parametri di oscillazione del centro di pressione in tutte le prove, soprattutto se compiuti con gli occhi chiusi. I risultati dei compiti cognitivi hanno mostrato un tempo più lungo di reazione nei soggetti CAI rispetto gli altri gruppi. |

(33) Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. ***Unilateral jump landing neuromechanics of individuals with chronic ankle instability***, 2019⁴⁵

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Valutare le differenze neuromeccaniche (cinetiche, cinematiche ed elettromiografiche) tra individui con e senza CAI durante un atterraggio da un salto monopodalico. | Sono stati raccolti i dati cinematici, cinetici ed elettromiografici di 32 soggetti con CAI e 31 soggetti di controllo durante 5 prove di salto monopodalico laterale ed un atterraggio monopodalico da una altezza su tre diverse superfici (normale, instabile ed inclinata). | Il gruppo CAI ha mostrato un incremento dell'attività del bicipite femorale durante le fasi di preattivazione e di atterraggio, una riduzione dell'attività del gluteo medio e del peroneo lungo durante la fase di preattivazione e un aumento della estensione di ginocchio durante la fase di atterraggio sulla superficie inclinata. Il gruppo CAI inoltre ha mostrato un aumento della dorsiflessione di caviglia durante la fase di atterraggio nella superficie instabile ed una diminuzione dell'attività del vasto laterale durante la fase di preattivazione nella prova con la superficie normale. Nell'atterraggio al salto laterale il gruppo CAI mostra una diminuzione dell'attività del gluteo medio nella fase di preattivazione e del bicipite femorale nella fase di preattivazione e atterraggio. |

(34) Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. ***Kinematic, kinetic and electromyographic differences between young adults with and without chronic ankle instability during walking***, 2020⁴⁶

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|--|
| <i>Case-control study</i> | Quantificare le differenze cinetiche, cinematiche ed elettromiografiche tra individui con o senza CAI durante una camminata lenta ed una veloce. | Sono stati reclutati 21 individui con CAI e 21 individui sani e li si è chiesto di camminare a due diverse velocità una più veloce ed una più lenta. Le variabili tenute | Il gruppo CAI mostra una minore rotazione esterna di ginocchio ed una maggiore abduzione nella fase d'appoggio. Inoltre, si è osservata una minore |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | in considerazione sono l'attività muscolare di gluteo medio, vasto laterale, gastrocnemi, peroneo lungo, tibiale anteriore e gli angoli e i momenti angolari di caviglia e ginocchio. Le misurazioni vengono raccolte attraverso un sistema di analisi del movimento tridimensionale ed una elettromiografia di superficie. | attivazione del gluteo medio nella fase di appoggio. |
|--|--|---|--|

(35) Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. **Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review**, 2019⁴⁷

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|--------------------------|--|--|--|
| <i>Systematic review</i> | Valutare la letteratura riguardante la biomeccanica dell'atterraggio monopodalico e la stabilità posturale dinamica negli individui con e senza CAI. | Si è condotto la ricerca su PubMed, ScienceDirect, Scopus, e SportDiscus | Sono stati considerati 20 articoli. Gli individui con CAI mostrano un deficit nella stabilità posturale dinamica ed una alterata cinematica dell'arto inferiore soprattutto di ginocchio e caviglia. Gli individui con CAI durante l'atterraggio monopodalico mostrano una maggiore velocità di carico ed un maggior picco di forza di reazione al suolo in aggiunta ad una riduzione dell'attività muscolare di caviglia. |

(36) Simpson JD, Rendos NK, Stewart EM, Turner AJ, Wilson SJ, Macias DM, Chander H, Knight AC. **Bilateral spatiotemporal postural control impairments are present in participants with chronic ankle instability**, 2019⁴⁸

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------|---|---|--|
| <i>Cohort study</i> | Valutare il centro di pressione (COP) e il <i>time-to-boundary</i> (tempo necessario per effettuare | Sono stati reclutati 15 individui con CAI e 15 soggetti di controllo. Viene chiesto loro di effettuare cinque | Non sono stati trovati risultati significativi per quanto riguarda il COP. Il gruppo CAI ha mostrato un più basso TTB medio- |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | aggiustamenti posturali per non perdere l'equilibrio) durante un <i>Lateral-Step-Down-Test</i> in partecipanti con CAI. | prove di <i>Lateral-Step-Down-Test</i> su una pedana di forza. Vengono raccolte le misure del COP e del TTB nelle direzioni antero-posteriore e medio-laterale | laterale rispetto il gruppo di controllo. Nel gruppo CAI si è visto un ridotto TTB sia in direzione medio-laterale che antero-posteriore indipendentemente dall'arto |
|--|---|--|--|

(37) Simpson JD, Stewart EM, Turner AJ, Macias DM, Wilson SJ, Chander H, Knight AC. ***Neuromuscular control in individuals with chronic ankle instability: A comparison of unexpected and expected ankle inversion perturbations during a single leg drop-landing***, 2019⁴⁹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Esaminare il controllo neuromuscolare e la cinematica dell'anca negli individui con CAI durante un previsto ed un inaspettato atterraggio monopodalico. | Sono stati reclutati 15 individui con CAI e 15 soggetti di controllo. Viene chiesto loro di effettuare un atterraggio monopodalico su una superficie inclinata di 20°. Sono stati registrate le attività muscolari di tibiale anteriore, gastrocnemio mediale e peroneo lungo e breve. È stato valutato anche l'angolo di inversione al contatto iniziale, il tempo di massima inversione, il massimo angolo di inversione e la massima velocità. | Nel gruppo CAI è stato osservato un maggior tempo di latenza peroneale, un minor tempo di massima inversione ed un maggior angolo di massima inversione. Per quanto riguarda l'atterraggio si è notato un maggior angolo di inversione, una minore inversione al contatto iniziale, un maggiore tempo di latenza del peroneo breve, una minore attività del tibiale anteriore ed un indice di co-contrazione più frontale durante la perturbazione inaspettata. |

(38) Song K, Kang TK, Wikstrom EA, Jun HP, Lee SY. ***Effects of reduced plantar cutaneous sensation on static postural control in individuals with and without chronic ankle instability***, 2017⁵⁰

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|---|---|---|
| <i>Case-control study</i> | Determinare come la riduzione della sensibilità cutanea plantare influenza il controllo posturale statico in individui con o senza CAI. | Sono stati reclutati 26 individui con CAI e 26 individui sani. Il piede dei partecipanti viene sommerso in acqua ghiacciata per dieci minuti al fine di ridurre la sensibilità plantare. Viene eseguito il single leg balance test su una | Si è osservata una significativa riduzione della sensibilità in entrambi i gruppi dopo l'immersione in acqua. Nel <i>single leg balance test</i> ad occhi chiusi si sono osservati deficit nel controllo posturale nel gruppo CAI dopo il |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | pedana di forza e la valutazione della soglia della sensibilità cutanea plantare attraverso il <i>Semmes-Westin Monofilaments test</i> prima e dopo il raffreddamento. La variabile misurata è il <i>Time-to-Boundary</i> nelle direzioni antero-posteriore e medio-laterale. | raffreddamento a differenza del gruppo di controllo. |
|--|--|---|--|

Articoli sulla neuroplasticità

(39) Kosik KB, Terada M, Drinkard CP, McCann RS, Gribble PA. **Potential Corticomotor Plasticity in Those with and without Chronic Ankle Instability**, 2017⁵¹

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Confrontare l'organizzazione della corteccia motoria del muscolo peroneo lungo in individui con e senza CAI. Capire se i cambiamenti nella organizzazione corticale sono associati al numero di distorsioni pregresse, il tempo dall'ultima distorsione e la severità dei sintomi del CAI. | Sono stati reclutati 18 pazienti con CAI e 16 soggetti di controllo. Viene utilizzata la stimolazione magnetica transcranica per mappare la rappresentazione corticale del peroneo lungo. Vengono poi confrontati tra i gruppi l'area, il volume e la localizzazione della rappresentazione corticale. | Il gruppo CAI presenta una minore area ed un minor volume della rappresentazione corticale del peroneo lungo rispetto al gruppo di controllo. Sembra esserci una moderata correlazione tra l'area della mappa corticale e il tempo trascorso dall'ultima distorsione. |

(40) Rosen AB, Yentes JM, McGrath ML, Maerlender AC, Myers SA, Mukherjee M. **Alterations in Cortical Activation Among Individuals With Chronic Ankle Instability During Single-Limb Postural Control**, 2019⁵²

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|--|---|---|
| <i>Cross-sectional study</i> | Valutare le differenze nella attività corticale durante l'equilibrio monopodalico tra individui con e senza CAI. | Sono stati reclutati 11 individui con CAI, 7 copers e 13 soggetti di controllo. Viene chiesto ai partecipanti di stare in equilibrio monopodalico per 60 secondi sopra una pedana di forza mentre indossano un sistema spettroscopico | Non risultano differenze significative nella variazione di emoglobina nelle diverse aree tra i vari gruppi. IL gruppo CAI ha mostrato una variazione maggiore nella attivazione dell'area motoria supplementare |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | infrarosso che valuta la variazione di emoglobina nell'area motoria supplementare, nel giro precentrale, nel giro postcentrale e nel lobo parietale posteriore. Nel gruppo CAI viene valutata la correlazione tra l'attivazione corticale e il punteggio della CAIT. | rispetto agli altri gruppi. Si è dimostrato che nel gruppo CAI c'è una forte correlazione tra il punteggio della CAIT e la variazione di emoglobina del giro precentrale e non c'è correlazione tra il punteggio della CAIT e l'attivazione dell'area motoria supplementare. |
|--|--|--|--|

(41) Terada M, Bowker S, Thomas AC, Pietrosimone B, Hiller CE, Gribble PA. **Corticospinal Excitability and Inhibition of the Soleus in Individuals With Chronic Ankle Instability**, 2016⁵³

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|---------------------------|--|--|---|
| <i>Case-control study</i> | Investigare sull'influenza della CAI nella eccitabilità corticospinale e nell'inibizione del soleo | Sono stati reclutati 16 partecipanti con CAI e 17 partecipanti sani. Per osservare l'eccitabilità corticospinale e l'inibizione del soleo è stata utilizzata la stimolazione transcranica. | Il gruppo CAI ha mostrato un maggior rapporto tra il periodo di silenzio corticale e i picchi di potenziali motori evocati. |

(42) Xue X, Zhang Y, Li S, Xu H, Chen S, Hua Y. **Lateral ankle instability-induced neuroplasticity in brain grey matter: A voxel-based morphometry MRI study**, 2021⁵⁴

| Tipo di studio | Obiettivo | Materiali e metodi | Risultati |
|------------------------------|---|--|--|
| <i>Cross-sectional study</i> | Determinare se i pazienti con instabilità laterale di caviglia mostrano differenze morfologiche nella sostanza grigia cerebrale rispetto ad un gruppo di controllo e vedere se ci sono correlazioni tra eventuali cambiamenti e caratteristiche del paziente. | Sono stati reclutati 30 pazienti con CAI e 32 soggetti di controllo e studiati attraverso la risonanza magnetica con una scansione anatomica T1. | Nel gruppo CAI il volume di sostanza grigia è significativamente ridotto in una zona del verme cerebellare rispetto al gruppo di controllo. La durata della CAI tende ad essere associata alla variazione della sostanza grigia del verme cerebellare. |

Outcomes dei case control e cross-sectional selezionati

Nelle seguenti tabelle sono stati riportati gli outcomes valutati negli studi case-control e cross-sectional presi in considerazione al fine di vedere se c'è linearità e coerenza nella valutazione delle alterazioni sensomotorie analizzate.

Equilibrio

| <i>Studio</i> | <i>Outcomes</i> |
|----------------------|---|
| Doherty et al., 2016 | SEBT |
| Kosik et al., 2019 | SEBT e WBLT |
| Powell et al., 2014 | SWM, BESS |
| Zhang et al., 2020 | Limits of Stability (LOS), Unilateral Stance (US), Forward Lunge (FL) |

Propriocezione e Position sense

| <i>Studio</i> | <i>Outcomes</i> |
|---------------------|--|
| Kim et al., 2016 | ROM |
| Madsen et al., 2019 | Cammino |
| Hagen et al., 2018 | Joint Position Sense e Force Sense |
| Kim et al., 2014 | Joint Position Sense e Force Sense |
| Kirby et al., 2016 | Dislocamento dell'astragalo anteriore e posteriore, eversione ed inversione, Joint Position Error, SWMt |

Forza muscolare

| <i>Studio</i> | <i>Outcomes</i> |
|-----------------------|--|
| McCann et al., 2018 | RVTTTS, forza isometrica dell'anca |
| Cho et al., 2017 | Forza isocinetica eversori ed inversori |
| Dejong et al., 2020 | Contrazione ecografica glutei |
| Donnelly et al., 2017 | Forza ed attivazione elettromiografica peronieri |
| Lee et al., 2021 | Forza inversori ed eversori caviglia e abduzione d'anca |
| McCann et al., 2017 | Forza isometrica estensione, abduzione, extrarotazione dell'anca |

Controllo posturale e strategie motorie

| <i>Studio</i> | <i>Outcomes</i> |
|---------------------------|--|
| Baczkowicz et al., 2017 | Segnali vibroartografici durante la flessione ed estensione di caviglia ed equilibrio monopodalico |
| Brown et al., 2015 | Forza di reazione al suolo e stabilità posturale durante un atterraggio monopodalico |
| De la Motte et al., 2015 | Cinematica tronco e arto inferiore nel SEBT |
| Ebrahimabadi et al., 2017 | Centro di pressione durante il cammino |
| Herb et al., 2018 | Cinematica arto inferiore e forza di reazione al suolo durante il drop vertical jump |
| Hoch et al., 2016 | Cinematica arto inferiore nel SEBT |
| Hopkins et al., 2019 | Biomeccanica arto inferiore e forza di reazione al suolo durante il salto e spostamento laterale |
| Jaber et al., 2018 | Centro di pressione e attivazione EMG durante SEBT |
| Kim et al., 2019 | Cinematica arto inferiore e attivazione EMG nell'atterraggio e cambio di direzione |
| Kim et al., 2019 | Rigidità e forza di reazione al suolo nel salto e cambio di direzione |
| Lee et al., 2021 | Cinetica e Cinematica dell'arto inferiore durante il cammino |
| McCann et al., 2019 | Forza isometrica e cinematica dell'arto inferiore nel salto monopodalico |
| Mohamadi et al., 2020 | Centro di pressione e velocità di oscillazione durante il single leg balance test |
| Moisan et al., 2019 | Cinetica e cinematica arto inferiore durante un salto e atterraggio monopodalico |
| Moisan et al., 2020 | Attività muscolare e cinematica arto inferiore durante il cammino |
| Simpson et al., 2019 | Attività muscolare ed angolo in inversione durante un lateral step down test |
| Simpson et al., 2019 | Centro di pressione e Time-to-Boundary nell'atterraggio monopodalico |
| Song et al., 2017 | Time-to-boundary durante il single leg balance test |

Neuroplasticità

| <i>Studio</i> | <i>Outcomes</i> |
|---------------------|---|
| Kosik et al., 2017 | Area, volume e localizzazione corticale del peroneo lungo |
| Rosen et al., 2019 | Variazione emoglobina area motoria supplementare |
| Terada et al., 2016 | Eccitabilità corticospinale del soleo |
| Xue et al., 2021 | Sostanza grigia cerebrale |

Discussione

Le alterazioni sensomotorie sono ampiamente studiate in letteratura nella popolazione che presenta problematiche a livello di caviglia, si è notato tuttavia che negli studi c'è ancora parecchia confusione nel definire in modo univoco la presenza di CAI nei soggetti che hanno subito a distanza una distorsione laterale di caviglia.

L'*International Ankle Consortium*⁶ nel 2014 ha messo sicuramente più chiarezza per quanto riguarda i criteri di inclusione ed esclusione, tuttavia gran parte degli studi conseguenti non rispettano le indicazioni consigliate e questo rende difficilmente confrontabili i risultati ottenuti da diversi studi. A causa di questo, le alterazioni sensomotorie correlate alla CAI non sono ancora chiaramente identificate in letteratura⁵⁵ e risulta tutt'oggi complicata un'associazione certa tra impairments e patologia.

Dalla ricerca condotta, gli aspetti su cui gli studi si sono concentrati maggiormente per studiare le funzioni sensomotorie nella popolazione con CAI sono: l'equilibrio, il dolore, la propriocezione, la forza muscolare, il controllo posturale e le strategie motorie.

L'equilibrio

Gli studi che analizzano l'alterazione dell'equilibrio nella popolazione con CAI partono dalla considerazione che la presenza del trauma pregresso e la persistenza dei sintomi possono portare ad un'alterazione delle informazioni motorie e sensoriali tali da condurre un deficit dell'equilibrio sia statico che dinamico¹⁴⁻¹⁷. In tutti gli studi, la popolazione CAI mostra dei deficit di equilibrio se comparata con un gruppo di controllo o con un gruppo coper. Doherty et al¹⁴. e Kosik et al¹⁵ per la conduzione dello studio hanno utilizzato lo *Star Excursion Balance Test* (SEBT), questo test è considerato il più rappresentativo per la valutazione dell'equilibrio dinamico ed inoltre permette di avere misure affidabili per l'identificazione di deficit di *balance* in presenza di problematiche dell'arto inferiore comprese quelle di caviglia⁵⁶. In entrambi gli studi gli individui con CAI hanno mostrato una difficoltà maggiore nel raggiungimento del reach anteriore, postero-laterale e postero-mediale se confrontati con un gruppo sano o con un gruppo coper. Nello studio di Kosik et al.¹⁵ inoltre, si è osservato come individui con CAI di età compresa tra i 41-70 anni hanno performance peggiori rispetto individui con età compresa tra i 18 e 39 anni, questo può essere spiegato come una difficoltà maggiore nell'integrazione di informazioni sensitive e motorie con l'aumentare dell'età soprattutto se in presenza di un sistema alterato già da una condizione patologica. Nello studio di Powell et al.¹⁶ viene valutato l'equilibrio statico e la sua correlazione con la sensibilità plantare: si è infatti osservato come una minore sensibilità in diverse zone della pianta del piede (principalmente nella zona del V metatarso) sia associata ad un maggior numero di errori alla BESS avvalorando maggiormente l'ipotesi del ruolo delle informazioni sensoriali nell'alterazione dell'equilibrio e del controllo posturale. In accordo con gli studi precedenti anche quello di Zhang et al.¹⁷ ha dimostrato un'alterazione dell'equilibrio nella popolazione CAI sia in test statici che dinamici rispetto ad un gruppo sano.

Si ritiene che i deficit di equilibrio siano una delle alterazioni maggiormente presenti nella popolazione con CAI; questo aspetto deve essere sicuramente tenuto in considerazione dal punto di vista riabilitativo. In un percorso riabilitativo per il trattamento di chronic ankle instability sono quindi necessari interventi finalizzati al miglioramento dell'equilibrio sia statico che dinamico tenendo anche in considerazione la loro relazione col ruolo informativo della pianta del piede.

Dolore

La presenza di dolore nella popolazione CAI è poco studiata in letteratura in quanto difficilmente viene utilizzata come criterio di inclusione o come misura di outcome per questo tipo di problematica. Le stesse raccomandazioni dell'*International Ankle Consortium* non fanno riferimento al dolore se non come un possibile fattore confondente. Tuttavia, la maggior parte delle volte è proprio questo il sintomo che conduce il paziente dal professionista per intraprendere un percorso riabilitativo per cui risulta particolarmente importante capirne la prevalenza nella popolazione in questione. Secondo Gribble et al.¹² il riconoscimento da parte del professionista dei sintomi persistenti dopo un episodio di LAS, come ad esempio il dolore, è fondamentale per prevenire l'insorgenza della CAI; spesso però in presenza di un evento acuto, come una distorsione di caviglia, ci si concentra maggiormente nella riabilitazione degli impairments della prima fase trascurando poi quei sintomi che possono permanere a lungo termine portando così ad un ritardo della diagnosi di CAI e ad una maggiore prevalenza di sviluppo di questa condizione⁵⁷.

La revisione sistematica di Al Adal et al.¹⁸ ha come obiettivo quello di valutare la presenza o meno del dolore in una popolazione con CAI. Nella sua revisione si nota che alcuni studi valutano il dolore attraverso delle misure autoriferite dal paziente (VAS, questionari, interviste telefoniche) mentre altri studi durante l'esecuzione di test di provocazione. Bisogna considerare che gli studi presi in considerazione sono molto eterogenei e non permettono una conclusione univoca sulla questione, anche se ci consentono di estrapolare qualche informazione significativa.

In media il dolore è presente nel 55.4% della popolazione CAI; tuttavia, la percentuale varia in modo importante in base alla scala di misura utilizzata ed in base al tempo trascorso dal primo evento traumatico: alcuni articoli affermano che più del 66% riferiscono dolore per un tempo prolungato (dai 6 mesi ai 7 anni) dopo il primo infortunio, altri affermano che la percentuale si riduce drasticamente dopo i 12 mesi. L'intensità del dolore non è particolarmente elevata in quanto va da un dolore lieve a moderato maggiormente presente in determinate attività quali la camminata, la corsa o altre attività vigorose. La presenza di dolore sembra quindi essere una componente importante per la strutturazione di un piano riabilitativo volto ad un pieno recupero del paziente in tutte le sue componenti biopsicosociali. Un'altra questione da considerare è la presenza o meno della sensibilizzazione centrale come meccanismo prevalente che sostiene il dolore: come abbiamo visto il dolore, dopo il primo trauma, può permanere a

lungo inoltre, come vedremo più avanti, possono avvenire dei processi di riorganizzazione del sistema nervoso centrale⁵⁸; tutto ciò può portare ad una tipologia di dolore non tanto legato al sistema nocicettivo periferico, ma ad una elaborazione centrale dell'esperienza dolorosa. Non ci sono ad oggi studi che sostengono questa ipotesi, tuttavia, sarebbe interessante valutare se le modificazioni delle rappresentazioni centrali sono legate all'esperienza dolorosa del paziente.

Propriocezione

La propriocezione è un senso molto complesso basato sulla raccolta di informazioni afferenti da parte dei recettori che sta alla base dell'organizzazione motoria del movimento. Nello specifico, la propriocezione della caviglia sembra avere un ruolo fondamentale per il mantenimento dell'equilibrio durante alcune attività funzionali quali camminare, correre, atterrare e stare in piedi¹⁹. Storicamente i deficit di propriocezione sono state le alterazioni sensomotorie dapprima attribuite alla popolazione con infortuni alla caviglia. Secondo una visione meccanicistica, infatti, si riteneva che una lesione delle strutture recettoriali della caviglia conseguente al trauma portassero ad una alterata raccolta di afferenze e quindi a deficit propriocettivi. Ad oggi non sembra esserci una relazione così significativa tra la lesione di strutture stabilizzanti e alterazioni sensomotorie²⁴, tuttavia i deficit propriocettivi sono ancora molto studiati nella popolazione soggetta a CAI.

Negli studi presi in considerazione la propriocezione della caviglia è solitamente valutata attraverso il Joint Position Sense (JPS) e il Force Sense (FS), il JPS è definito come "l'abilità di riprodurre accuratamente un angolo articolare assegnato" mentre il FS è definito come "l'abilità di riprodurre accuratamente una forza assegnata"²³. Questi parametri possono essere misurati in svariati modi e proprio questa eterogeneità sembra portare una discordanza nella presenza o meno di deficit propriocettivi nella popolazione CAI.

In alcune revisioni sembrano esserci risultati contrastanti sulla propriocezione nella CAI⁵⁵, tuttavia si ritiene che questo sia dovuto ad una scelta sbagliata dei test che, la maggior parte delle volte, andava a valutare altri aspetti come l'equilibrio o il controllo posturale²¹.

Una recente revisione sistematica²¹ si è posta come obiettivo quello di valutare la presenza di deficit propriocettivi nella popolazione CAI cercando di includere quegli studi che hanno utilizzato i test maggiormente appropriati. Si è notato che, prendendo in considerazione una valutazione cinestesica e il JPS, esistono delle alterazioni propriocettive nella popolazione CAI sia se si confronta un gruppo sano con un gruppo affetto da CAI, sia se si prende in considerazione il confronto tra arto affetto e arto sano.

Anche altri studi presi in considerazione mostrano differenze di JPS e FS tra individui sani ed individui con CAI^{22,23}. JPS e FS non sempre sembrano essere correlati tra loro²³; tuttavia, la loro alterazione sembra essere anche legata a deficit del controllo posturale e dell'equilibrio¹⁹.

La propriocezione della caviglia è un importante meccanismo feed-forward, il JPS e il FS contribuiscono entrambi a preposizionare il piede nel modo più adeguato possibile al fine di eseguire nel modo più corretto determinate attività. Si ritiene quindi indispensabile introdurre nel trattamento riabilitativo strumenti finalizzati al recupero delle componenti propriocettive al fine di prevenire il più possibile episodi di giving way e distorsioni ricorrenti.

Forza muscolare

Un'altra delle maggiori alterazioni riportate in letteratura è la compromissione della forza muscolare. Anche in questo caso le ipotesi più favorevoli per spiegare questo meccanismo ricorrono al trauma iniziale o alle distorsioni ricorrenti che gli individui con CAI presentano. Si ritiene che in seguito al trauma possa insorgere una inibizione artrogenica che mette in disfunzione la muscolatura anche a distanza di tempo, in secondo luogo si ritiene che i traumi ricorrenti possano riportare delle alterazioni anatomiche nella muscolatura, nei tendini e nei retinacoli compromettendo così la funzionalità del distretto. Si pensa, infine, che il deficit di forza possa derivare da una atrofia da disuso conseguente a strategie di movimento messe in atto dall'individuo in seguito al trauma²⁸. Bisogna considerare tuttavia che queste ipotesi sono state formulate studiando principalmente i muscoli della caviglia, in particolare nel movimento di eversione. Storicamente questa è la muscolatura maggiormente presa in considerazione in quanto è quella che ha una implicazione diretta col trauma distorsivo ed è ormai consolidato che essa è soggetta ad alterazione nei soggetti CAI. Gli studi presi in considerazione sono solo i più recenti che confermano una maggiore debolezza^{26,28}, una minore velocità angolare²⁶ ed una minore capacità di controllo motorio nei movimenti sovrariportati³⁰.

I muscoli implicati nei movimenti di caviglia, tuttavia, non sono gli unici studiati nella popolazione CAI, la letteratura più recente ha cercato di analizzare anche possibili alterazioni di forza muscolare in tutto l'arto inferiore focalizzandosi maggiormente nell'articolazione coxofemorale. Alcuni studi analizzati infatti hanno mostrato come i soggetti CAI, a differenza di soggetti sani o copers, presentano una maggiore debolezza principalmente nei movimenti di estensione, extrarotazione ed abduzione d'anca con alterata contrazione della muscolatura glutea^{25,27,30,31}. Una recente revisione sistematica di Khalaj et al.²⁹, con l'obiettivo di analizzare un possibile deficit di forza della muscolatura di tutto l'arto inferiore nei soggetti CAI, ha mostrato come non solo il distretto caviglia presenta delle alterazioni, ma anche la muscolatura di anca e ginocchio.

Questo aspetto ha una importante valenza al fine della riabilitazione: spesso si agisce solamente con trattamenti mirati al recupero della forza della muscolatura della caviglia, ma si è visto che risulta fondamentale prendere in considerazione anche gli altri distretti dell'arto inferiore al fine di garantire un recupero migliore possibile.

Controllo posturale e strategie motorie

Il controllo posturale e le strategie motorie nelle diverse attività funzionali dei soggetti con CAI sono molto studiati in letteratura. Come si può osservare dalle tabelle degli outcomes riportate precedentemente, le strategie utilizzate per studiare questo argomento sono molto eterogenee, vengono infatti utilizzati vari indicatori in diverse attività funzionali. Negli studi presi in considerazione, i principali compiti motori utilizzati per valutare il controllo posturale e gli aspetti cinetici e cinematici dell'arto inferiore sono: il cammino, compiti di equilibrio statico e dinamico, salti, atterraggi e cambi di direzione.

In tutte queste attività il gruppo CAI mostra dei deficit o delle alterazioni rispetto ai soggetti sani non solo considerando il distretto caviglia, ma anche i distretti più prossimali. Nei vari studi infatti vengono spesso analizzate la cinetica e cinematica di tronco, anca e ginocchio, oltre che di caviglia, al fine di valutare se ci sono dei pattern di movimento o delle strategie motorie ricorrenti tra i soggetti affetti da CAI.

Per quanto riguarda il cammino, gli studi non sono concordi nell'identificare delle strategie motorie univoche utilizzate dal soggetto con CAI, i risultati sulla cinematica dei vari distretti sono spesso contrastanti tra loro anche perché spesso gli strumenti utilizzati e le modalità di valutazione sono molto diverse, tuttavia in tutti gli studi si osserva una differenza significativa tra il cammino dei soggetti con CAI e il gruppo sano; in particolare si notano delle alterazioni a livello dell'anca che talvolta può presentare un aumento di movimento rispetto ai sani sul piano sagittale e frontale nelle prime fasi del passo³⁵ mentre altre volte una riduzione dell'abduzione nella fase di appoggio⁴⁶, il ginocchio non sembra subire importanti variazioni cinematiche³⁵ mentre la caviglia spesso presenta una ridotta dorsiflessione ed una aumentata inversione rispetto ai sani⁵⁹. Si possono inoltre osservare delle alterazioni per quanto riguarda l'attivazione di alcuni muscoli come il gluteo medio e il retto femorale^{35,46} e delle alterazioni del controllo posturale osservando una differenza di oscillazione del centro di pressione tra individui con CAI e sani³⁶.

Anche nelle prove di equilibrio si possono notare delle differenze tra i soggetti CAI e soggetti sani per quanto riguarda le strategie motorie e gli adattamenti delle articolazioni più prossimali. Una delle prove motorie più utilizzate è ancora una volta lo Star Excursion Balance Test (SEBT): questo test abbinato a varie strumentazioni di analisi del movimento ha permesso di vedere le differenze nell'esecuzione tra individui con e senza CAI; De la Motte et al.³⁴ nel suo studio ha notato come negli individui con CAI, ci sia una maggiore rotazione di tronco, una maggiore rotazione pelvica ed una maggiore flessione d'anca nel reach antero-mediale mentre in quello mediale si poteva osservare una maggiore flessione di tronco. Jaber et al.⁴⁰ invece notò, analizzando la distanza raggiunta e lo spostamento del centro di pressione, un minor controllo posturale negli individui CAI rispetto ai sani e notò inoltre una alterazione nell'attivazione elettromiografica del tibiale anteriore e del grande gluteo. Anche altri studi hanno dimostrato che gli individui con CAI al fine di raggiungere una distanza maggiore nei vari reach, hanno adottato strategie alternative quali rotazione o spostamento laterale di tronco, abduzione o flessione di anca e spostamenti

sul piano sagittale del ginocchio³⁸. Inoltre, non sono state osservate alterazioni del controllo posturale solo nello SEBT, ma anche in altri test di equilibrio sia statici che dinamici come nel single leg balance test o anche nel lateral step down test^{32,44,48,50} ed inoltre è stato osservato che questa alterazione del controllo posturale poteva essere osservata anche quando il compito veniva svolto con l'arto non affetto⁴⁸.

Altri studi, infine, hanno analizzato il comportamento motorio degli individui con CAI nelle azioni del salto, atterraggio e cambio di direzione. Dalla revisione sistematica di De jong et al.³⁵ si evince che per quanto riguarda l'anca gli individui con CAI confrontati con un gruppo di sani mostrano una flessione maggiore nei compiti di salto monopodalico e nei cambi di direzione, il ginocchio invece, mostra una ridotta flessione nella fase di atterraggio del drop vertical jump mentre quest'ultima è maggiore nei compiti di salto monopodalico e di cambi di direzione. Simpson et al.⁴⁷, nella sua revisione, prese in considerazione solo studi che includessero l'attività di salto e atterraggio monopodalico, anche egli osservò che nella maggior parte delle pubblicazioni gli individui con CAI mostrano dei deficit importanti riguardo il controllo posturale dinamico^{33,47,49}. Sempre nell'atterraggio monopodalico altri studi sottolineano come negli individui con CAI possa esserci una maggiore strategia di anca⁴³ ed una alterata attivazione muscolare nell'atterraggio⁴⁵. Hopkins et al.³⁹ nel suo studio cercò di determinare un pattern comune tra gli individui CAI nell'azione di atterraggio e cambio di direzione, egli non riuscì a trovare una strategia motoria ricorrente tra i vari partecipanti, ma determinò sei diversi clusters sottolineando quindi la grande variabilità che gli individui possono mostrare in queste azioni. Altri studi, oltre a valutare la cinetica e la cinematica dei vari distretti, valutano anche la forza di reazione al suolo e le forze di impatto nei salti e nei cambi di direzione osservando come, negli individui con CAI, queste risultano alterate o modulate attraverso strategie motorie diverse rispetto ai sani^{41,42}.

Come si può osservare risulta difficile determinare delle strategie motorie standardizzate dei vari compiti motori e probabilmente a fine riabilitativo risulterebbe anche poco utile in quanto ogni paziente, in base alla sua problematica e alla storia pregressa, adatterà un suo particolare pattern motorio. Tuttavia, questi studi permettono di sottolineare come una problematica che sembra legata ad un solo distretto in realtà porta delle modificazioni a livello globale, il fisioterapista dovrà quindi tenere sicuramente in considerazione questo aspetto nel momento della riabilitazione dell'individuo con CAI e dovrà essere in grado di determinare se le strategie motorie che il paziente ha adottato possono essere sfruttate per il recupero degli impairments oppure devono essere modificate in quanto sostengono la problematica.

Neuroplasticità ed alterazioni nel sistema nervoso centrale

La neuroplasticità è intesa come la capacità del sistema nervoso centrale di apportare dei cambiamenti funzionali o morfologici nelle proprietà corticali in seguito a fattori interni o esterni duraturi nel tempo⁵⁴. Spesso questi cambiamenti nei disordini muscoloscheletrici avvengono quando si è sottoposti ad una

condizione di dolore o altri sintomi persistenti a lungo termine, in presenza di deficit sensorimotori, alterazioni psicologiche o un recupero non totalmente completo dopo un infortunio⁵⁹. Ci si è chiesto quindi se anche la popolazione soggetta a CAI manifestasse fenomeni di neuroplasticità in quanto, per denominazione, essa è una problematica che presenta dei sintomi duraturi nel tempo.

La ricerca sull'argomento è ancora preliminare, tuttavia ci sono degli studi che dimostrano fenomeni neuroplastici nei soggetti con CAI che possono anche giustificare la presenza di alterazioni sensomotorie.

Xue et al.⁵⁴ nel suo studio osservò che gli individui con instabilità cronica di caviglia presentavano una diminuzione della sostanza grigia, in particolare in corrispondenza del verme cerebellare il quale solitamente gioca un ruolo importante nell'integrare informazioni propriocettive, nel mantenimento dell'equilibrio e nella coordinazione muscolare, questo cambiamento maladattativo potrebbe essere alla base, ma anche conseguenza delle alterazioni sensorimotorie sopradescritte.

Allo stesso modo, Kosik et al.⁵¹ analizzò la corteccia motoria degli individui con CAI, in particolare osservò che la mappa corticale del muscolo peroneo lungo era molto ridotta sia in termini di area che di volume rispetto agli individui sani. Questo fenomeno potrebbe giustificare la maggior difficoltà nel controllo muscolare, la sensazione di giving way, le distorsioni ricorrenti e quindi la necessità dell'individuo di utilizzare strategie motorie differenti che spesso coinvolgono le articolazioni più prossimali. Inoltre, negli individui con CAI la stessa attivazione cerebrale risulta alterata durante compiti motori: Rosen et al.⁵² infatti osservò una differenza significativa tra individui con CAI e sani nell'attivazione dell'area motoria supplementare durante il single leg balance test, questa differenza di attivazione cerebrale potrebbe essere alla base delle diverse strategie motorie nelle attività funzionali presenti nella popolazione CAI.

A fine riabilitativo bisogna sicuramente tenere in considerazione questi processi di neuroplasticità che solitamente sono maladattativi e sostengono gli impairments caratteristici della problematica, sarà quindi importante per il riabilitatore utilizzare strategie terapeutiche adeguate finalizzate a non sostenere questi processi bensì a favorire delle strategie che possono essere funzionali e adattative per il paziente.

Conclusione

Nonostante in letteratura ci sia ancora parecchia confusione sull'identificazione e l'arruolamento degli individui con CAI si è visto che gli studi sono abbastanza concordi nell'identificare deficit di equilibrio, di propiocezione e di forza muscolare in questa problematica di caviglia; il dolore può essere presente o meno, invece, si osservano molto frequentemente alterazioni del controllo posturale e differenze di strategie motorie nel cammino, nei salti e negli atterraggi rispetto gli individui sani. Altri studi, inoltre, mostrano come la CAI possa portare a dei cambiamenti a livello del sistema nervoso centrale, in particolare dei cambiamenti sia morfologici come, ad esempio, la quantità di sostanza grigia cerebellare, sia funzionali, come ad esempio, la rappresentazione motoria di determinati muscoli e ad azioni.

In virtù degli studi analizzati si ritiene che le alterazioni sensomotorie siano gli aspetti preponderanti su cui la riabilitazione del soggetto con CAI deve vertere in quanto, probabilmente, questi deficit sostengono gli impairments caratteristici della patologia quali il senso di instabilità, il senso di cedimento, il giving way e le distorsioni ricorrenti.

Bisogna comunque considerare che probabilmente la CAI è una condizione multifattoriale, le varie alterazioni osservate fanno parte di un quadro complesso dove i deficit possono essere in stretta relazione e dipendenti gli uni dagli altri. Proprio per questo motivo, talvolta, può essere poco risolutivo concentrarsi solo su alcuni impairments a discapito degli altri durante il trattamento, soprattutto se, come abbiamo visto, siamo in presenza di alterazioni anche a livello del sistema nervoso centrale che possono modificare l'organizzazione stessa del movimento e dell'integrazione delle informazioni somatosensoriali.

Negli studi futuri sarà quindi necessario approfondire innanzitutto se il trattamento delle alterazioni sensomotorie porti a dei miglioramenti dei segni e sintomi della CAI ed in secondo luogo sarà poi necessario osservare quale tipo di intervento è più efficace per arginare la problematica.

I limiti dello studio consistono nella carenza di competenze metodologiche dovuta alla poca esperienza del revisore. I database presi in considerazione sono limitati e gli studi presi in considerazione non sempre sono rigorosi dal punto di vista metodologico. Nonostante questo, si è cercato di strutturare un elaborato che potesse dare una visione generale sui più recenti studi riguardo la presenza o meno di alterazioni sensomotorie nei soggetti con CAI al fine di poter agire dal punto di vista riabilitativo in modo più efficace e mirato.

Bibliografia

0. Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br.* 1965;47(4):678–685.
1. Delahunt E, Remus A. Risk Factors for Lateral Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):611-616. doi:10.4085/1062-6050-44-18
2. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med.* 2016;50(24):1496-1505. doi:10.1136/bjsports-2016-096189
3. Herzog MM, Kerr ZY, Marshall SW, Wikstrom EA. Epidemiology of Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):603-610. doi:10.4085/1062-6050-447-17
4. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Recovery From a First-Time Lateral Ankle Sprain and the Predictors of Chronic Ankle Instability: A Prospective Cohort Analysis. *Am J Sports Med.* 2016;44(4):995-1003. doi:10.1177/0363546516628870
5. Attenborough AS, Hiller CE, Smith RM, Stuelcken M, Greene A, Sinclair PJ. Chronic Ankle Instability in Sporting Populations. *Sports Med.* 2014;44(11):1545-1556. doi:10.1007/s40279-014-0218-2
6. Gribble PA, Delahunt E, Bleakley CM, et al. Selection Criteria for Patients With Chronic Ankle Instability in Controlled Research: A Position Statement of the International Ankle Consortium. *J Athl Train.* 2014;49(1):121-127. doi:10.4085/1062-6050-49.1.14
7. Delahunt E, Coughlan GF, Caulfield B, Nightingale EJ, Lin CWC, Hiller CE. Inclusion Criteria When Investigating Insufficiencies in Chronic Ankle Instability. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(11):2106-2121. doi:10.1249/MSS.0b013e3181de7a8a
8. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. :12.
9. Hiller CE, Kilbreath SL, Refshauge KM. Chronic Ankle Instability: Evolution of the Model. *J Athl Train.* 2011;46(2):133-141. doi:10.4085/1062-6050-46.2.133
10. Hertel J, Corbett RO. An Updated Model of Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):572-588. doi:10.4085/1062-6050-344-18
11. Hubbard TJ, Hertel J. Mechanical Contributions to Chronic Lateral Ankle Instability. *Sports Med.* Published online 2006:15.

12. Gribble PA. Evaluating and Differentiating Ankle Instability. *J Athl Train*. 2019;54(6):617-627. doi:10.4085/1062-6050-484-17
13. Hertel J. CLINICS IN SPORTS MEDICINE. :18.
14. Doherty C, Bleakley C, Hertel J, Caulfield B, Ryan J, Delahunt E. Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(4):1086-1095. doi:10.1007/s00167-015-3744-z
15. Kosik KB, Johnson NF, Terada M, Thomas AC, Mattacola CG, Gribble PA. Decreased dynamic balance and dorsiflexion range of motion in young and middle-aged adults with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport*. 2019;22(9):976-980. doi:10.1016/j.jsams.2019.05.005
16. Powell MR, Powden CJ, Houston MN, Hoch MC. Plantar Cutaneous Sensitivity and Balance in Individuals With and Without Chronic Ankle Instability. *Clin J Sport Med*. 2014;24(6):490-496. doi:10.1097/JSM.0000000000000074
17. Zhang L, Lu J, Cai B, Fan S, Jiang X. Quantitative assessments of static and dynamic balance performance in patients with chronic ankle instability. *Medicine (Baltimore)*. 2020;99(17):e19775. doi:10.1097/MD.00000000000019775
18. Al Adal S, Pourkazemi F, Mackey M, Hiller CE. The Prevalence of Pain in People With Chronic Ankle Instability: A Systematic Review. *J Athl Train*. 2019;54(6):662-670. doi:10.4085/1062-6050-531-17
19. Kim CY, Choi JD. Comparison between ankle proprioception measurements and postural sway test for evaluating ankle instability in subjects with functional ankle instability. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2016;29(1):97-107. doi:10.3233/BMR-150603
20. Madsen LP, Kitano K, Koceja DM, Zehr EP, Docherty CL. Effects of chronic ankle instability on cutaneous reflex modulation during walking. *Exp Brain Res*. 2019;237(8):1959-1971. doi:10.1007/s00221-019-05565-4
21. Hua Y. *Chronic Ankle Instability Is Associated with Proprioception Deficits: A Systematic Review with Meta-Analysis*. INPLASY - International Platform of Registered Systematic Review Protocols; 2020. doi:10.37766/inplasy2020.4.0125
22. Hagen M, Lemke M, Lahner M. Deficits in subtalar pronation and supination proprioception in subjects with chronic ankle instability. *Hum Mov Sci*. 2018;57:324-331. doi:10.1016/j.humov.2017.09.010

23. Kim CY, Choi JD, Kim HD. No correlation between joint position sense and force sense for measuring ankle proprioception in subjects with healthy and functional ankle instability. *Clin Biomech.* 2014;29(9):977-983. doi:10.1016/j.clinbiomech.2014.08.017
24. Kirby JL, Houston MN, Gabriner ML, Hoch MC. Relationships between mechanical joint stability and somatosensory function in individuals with chronic ankle instability. *The Foot.* 2016;28:1-6. doi:10.1016/j.foot.2016.04.001
25. McCann RS, Bolding BA, Terada M, Kosik KB, Crossett ID, Gribble PA. Isometric Hip Strength and Dynamic Stability of Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2018;53(7):672-678. doi:10.4085/1062-6050-238-17
26. Cho BK, Park JK, Choi SM, Kang SW, SooHoo NF. The peroneal strength deficits in patients with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers and normal individuals. *Foot Ankle Surg.* 2019;25(2):231-236. doi:10.1016/j.fas.2017.10.017
27. DeJong AF, Mangum LC, Hertel J. Ultrasound Imaging of the Gluteal Muscles During the Y-Balance Test in Individuals With or Without Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2020;55(1):49-57. doi:10.4085/1062-6050-363-18
28. Donnelly L, Donovan L, Hart JM, Hertel J. Eversion Strength and Surface Electromyography Measures With and Without Chronic Ankle Instability Measured in 2 Positions. *Foot Ankle Int.* 2017;38(7):769-778. doi:10.1177/1071100717701231
29. Khalaj N, Vicenzino B, Heales LJ, Smith MD. Is chronic ankle instability associated with impaired muscle strength? Ankle, knee and hip muscle strength in individuals with chronic ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2020;54(14):839-847. doi:10.1136/bjsports-2018-100070
30. Lee H, Son SJ, Kim H, Han S, Seeley M, Hopkins JT. Submaximal Force Steadiness and Accuracy in Patients With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2021;56(5):454-460. doi:10.4085/15-20
31. McCann RS, Crossett ID, Terada M, Kosik KB, Bolding BA, Gribble PA. Hip strength and star excursion balance test deficits of patients with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport.* 2017;20(11):992-996. doi:10.1016/j.jsams.2017.05.005
32. Bączkiewicz D, Falkowski K, Majorczyk E. Assessment of Relationships Between Joint Motion Quality and Postural Control in Patients With Chronic Ankle Joint Instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2017;47(8):570-577. doi:10.2519/jospt.2017.6836

33. Brown CN, Ko J, Rosen AB, Hsieh K. Individuals with both perceived ankle instability and mechanical laxity demonstrate dynamic postural stability deficits. *Clin Biomech.* 2015;30(10):1170-1174. doi:10.1016/j.clinbiomech.2015.08.008
34. de la Motte S, Arnold BL, Ross SE. Trunk-Rotation Differences at Maximal Reach of the Star Excursion Balance Test in Participants With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2015;50(4):358-365. doi:10.4085/1062-6050-49.3.74
35. Dejong AF, Koldenhoven RM, Hertel J. Proximal Adaptations in Chronic Ankle Instability: Systematic Review and Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2020;52(7):1563-1575. doi:10.1249/MSS.0000000000002282
36. Ebrahimabadi Z, Naimi SS, Rahimi A, et al. The Alteration of Neuromuscular Control Strategies During Gait Initiation in Individuals with Chronic Ankle Instability. *Iran Red Crescent Med J.* 2017;19(3). doi:10.5812/ircmj.44534
37. Herb CC, Grossman K, Feger MA, Donovan L, Hertel J. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2018;53(4):364-371. doi:10.4085/1062-6050-481-15
38. Hoch MC, Gaven SL, Weinhandl JT. Kinematic predictors of star excursion balance test performance in individuals with chronic ankle instability. *Clin Biomech.* 2016;35:37-41. doi:10.1016/j.clinbiomech.2016.04.008
39. Hopkins JT, Son SJ, Kim H, Page G, Seeley MK. Characterization of Multiple Movement Strategies in Participants With Chronic Ankle Instability. *J Athl Train.* 2019;54(6):698-707. doi:10.4085/1062-6050-480-17
40. Jaber H, Lohman E, Daher N, et al. Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. Jan YK, ed. *PLOS ONE.* 2018;13(8):e0201479. doi:10.1371/journal.pone.0201479
41. Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. Altered movement strategies during jump landing/cutting in patients with chronic ankle instability. *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(8):1130-1140. doi:10.1111/sms.13445
42. Kim H, Son SJ, Seeley MK, Hopkins JT. Altered Movement Biomechanics in Chronic Ankle Instability, Coper, and Control Groups: Energy Absorption and Distribution Implications. *J Athl Train.* 2019;54(6):708-717. doi:10.4085/1062-6050-483-17

43. McCann RS, Terada M, Kosik KB, Gribble PA. Landing Kinematics and Isometric Hip Strength of Individuals With Chronic Ankle Instability. *Foot Ankle Int.* 2019;40(8):969-977. doi:10.1177/1071100719846085
44. Mohamadi S, Ebrahimi I, Salavati M, Dadgoo M, Jafarpisheh AS, Rezaeian ZS. Attentional Demands of Postural Control in Chronic Ankle Instability, Copers and Healthy Controls: A Controlled Cross-sectional Study. *Gait Posture.* 2020;79:183-188. doi:10.1016/j.gaitpost.2020.03.007
45. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Unilateral jump landing neuromechanics of individuals with chronic ankle instability. *J Sci Med Sport.* 2020;23(5):430-436. doi:10.1016/j.jsams.2019.11.003
46. Moisan G, Mainville C, Descarreaux M, Cantin V. Kinematic, kinetic and electromyographic differences between young adults with and without chronic ankle instability during walking. *J Electromyogr Kinesiol.* 2020;51:102399. doi:10.1016/j.jelekin.2020.102399
47. Simpson JD, Stewart EM, Macias DM, Chander H, Knight AC. Individuals with chronic ankle instability exhibit dynamic postural stability deficits and altered unilateral landing biomechanics: A systematic review. *Phys Ther Sport.* 2019;37:210-219. doi:10.1016/j.ptsp.2018.06.003
48. Simpson JD, Rendos NK, Stewart EM, et al. Bilateral spatiotemporal postural control impairments are present in participants with chronic ankle instability. *Phys Ther Sport.* 2019;39:1-7. doi:10.1016/j.ptsp.2019.06.002
49. Simpson JD, Stewart EM, Turner AJ, et al. Neuromuscular control in individuals with chronic ankle instability: A comparison of unexpected and expected ankle inversion perturbations during a single leg drop-landing. *Hum Mov Sci.* 2019;64:133-141. doi:10.1016/j.humov.2019.01.013
50. Song K, Kang TK, Wikstrom EA, Jun H pil, Lee SY. Effects of reduced plantar cutaneous sensation on static postural control in individuals with and without chronic ankle instability. *J Sci Med Sport.* 2017;20(10):910-914. doi:10.1016/j.jsams.2016.04.011
51. Kosik KB, Terada M, Drinkard CP, Mccann RS, Gribble PA. Potential Corticomotor Plasticity in Those with and without Chronic Ankle Instability. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(1):141-149. doi:10.1249/MSS.0000000000001066
52. Rosen AB, Yentes JM, McGrath ML, Maerlender AC, Myers SA, Mukherjee M. Alterations in Cortical Activation Among Individuals With Chronic Ankle Instability During Single-Limb Postural Control. *J Athl Train.* 2019;54(6):718-726. doi:10.4085/1062-6050-448-17

53. Terada M, Bowker S, Thomas AC, Pietrosimone B, Hiller CE, Gribble PA. Corticospinal Excitability and Inhibition of the Soleus in Individuals With Chronic Ankle Instability. *PM&R*. 2016;8(11):1090-1096. doi:10.1016/j.pmrj.2016.04.006
54. Xue X, Zhang Y, Li S, Xu H, Chen S, Hua Y. Lateral ankle instability-induced neuroplasticity in brain grey matter: A voxel-based morphometry MRI study. *J Sci Med Sport*. 2021;24(12):1240-1244. doi:10.1016/j.jsams.2021.06.013
55. Munn J, Sullivan SJ, Schneiders AG. Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: A systematic review with meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2010;13(1):2-12. doi:10.1016/j.jsams.2009.03.004
56. Gribble PA, Hertel J, Plisky P. Using the Star Excursion Balance Test to Assess Dynamic Postural-Control Deficits and Outcomes in Lower Extremity Injury: A Literature and Systematic Review. *J Athl Train*. 2012;47(3):339-357. doi:10.4085/1062-6050-47.3.08
57. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *Br J Sports Med*. 2016;50(24):1496-1505. doi:10.1136/bjsports-2016-096189
58. Hass CJ, Bishop MD, Doidge D, Wikstrom EA. Chronic Ankle Instability Alters Central Organization of Movement. *Am J Sports Med*. 2010;38(4):829-834. doi:10.1177/0363546509351562
59. Needle AR, Lepley AS, Grooms DR. Central Nervous System Adaptation After Ligamentous Injury: a Summary of Theories, Evidence, and Clinical Interpretation. *Sports Med*. 2017;47(7):1271-1288. doi:10.1007/s40279-016-0666-y
60. Lee I, Ha S, Chae S, Jeong HS, Lee SY. Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait. *J Athl Train*. 2021. doi: 10.4085/1062-6050-0605.20.

