



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

# **Effetti del CAI sulla biomeccanica della corsa. Revisione narrativa**

Candidato:

Dr. Occhipinti Marco, FT

Relatore:

Dr. Mattia Bonfatti, FT, OMPT



## Indice

1. Abstract.....	1
2. Introduzione.....	3
3. Materiali e metodi.....	5
4. Risultati.....	7
5. Discussione.....	42
6. Conclusioni.....	50
7. Bibliografia.....	53

## 1. ABSTRACT

**Background e Metodi:** Nel seguente elaborato si è voluto approfondire, attraverso una revisione narrativa della letteratura già presente, come la presenza di instabilità cronica di caviglia (CAI) possa provocare alterazioni artrocinematiche in grado di modificare lo schema della corsa in runners amatoriali/ professionisti.

Attraverso la revisione di questi articoli si è voluta valutare la correlazione che c'è tra CAI e l'alterazione della biomeccanica nella corsa con l'obiettivo di provare a comprendere se e come l'intervento riabilitativo possa incidere nella correzione di tutti quei fattori limitanti alla corsa prodotti, per l'appunto, da una instabilità cronica di caviglia. Il disegno di ricerca, basato sul modello PICOT ha preso in considerazione solamente i parametri P ed O, dunque Popolazione ed Outcome.

I criteri di eleggibilità sono stati i seguenti:

Tipi di pubblicazione : nessuna limitazione

Popolazione: -criteri di inclusione: uomini e donne adult\* — runners con CAI

-criteri di esclusione: bambini, altri infortuni

Outcomes: -criteri di inclusione: alterazioni biomeccaniche, intervento riabilitativo

**Risultati:** la ricerca, effettuata esclusivamente mediante il portale Medline, ha prodotto un totale di 64 risultati. A seguito della lettura dell'abstract sono stati esclusi 23 articoli in quanto non rispettavano i criteri di eleggibilità. Dei 41 articoli rimasti, a seguito della lettura dei full text sono stati eliminati altri 14 articoli, riducendo così a 27 il totale degli studi presi in considerazione per la stesura dell'elaborato.

**Conclusioni:** Da quanto emerso in questo elaborato risulta evidente la correlazione tra Instabilità cronica di caviglia e alterazioni biomeccaniche. Deficit della dorsiflessione, alterazioni cinetiche e cinematiche sul piano sagittale e frontale, iperattivazione dei muscoli della loggia laterale della gamba, ipoattivazione dei muscoli della loggia posteriore della gamba (m. soleo primo fra tutti) e deficit propriocettivi siano presenti in tutti i pazienti con CAI, senza distinzione di genere (M o F). Dal punto di vista riabilitativo, di nostro interesse, non sono presenti studi consistenti e significativi riguardo l'utilizzo della terapia manuale piuttosto che dell'esercizio terapeutico. L'elaborato ci offre però degli spunti da poter adottare nella pratica clinica per la gestione di questa tipologia di pazienti.

## 2. INTRODUZIONE

La distorsione di caviglia è uno degli infortuni più comuni nelle persone fisicamente attive <sup>(1,2,3,4,5)</sup>, il più comune tra gli infortuni agli arti inferiori <sup>(3,6,7,8)</sup>. Seppure circa il 50% di questi infortuni vengano considerati minori e si risolvano entro una settimana, tra il 32% e il 74% <sup>(1,5,7,9,10,11)</sup> delle persone sviluppano sintomi persistenti come dolore, gonfiore, sensazioni di cedimento e di ridotta funzionalità, distorsioni recidivanti nell'arco di 12 mesi dal primo evento. Questo insieme di sintomi prende il nome di instabilità cronica di caviglia. Circa l'80-85 % delle distorsioni avviene in inversione e prende il nome di Lateral Ankle Sprain, cioè distorsione laterale di caviglia. L'instabilità cronica di caviglia viene considerata come l'evoluzione fisiopatologica di una LAS.

Nel 1965, Freeman propose un alterato feedback come causa funzionale primaria. In seguito, altri studiosi individuarono alterate caratteristiche dell'osso e dei legamenti in aggiunta a deficit cinematici, neuromuscolari, del controllo posturale, propriocettivi, della forza e del range of Motion. In ogni caso i dati di questi studi sono inconsistenti e addirittura qualche studio suggerisce che nel CAI non siano presenti deficit funzionali. Queste differenze sono il frutto di discrepanze metodologiche degli studi presenti in letteratura e che hanno portato a non poter trarre conclusioni consistenti sull'argomento. Per superare queste discrepanze, alcuni autori hanno valutato le evidenze disponibili e le hanno raccolte in revisioni sistematiche con il risultato che adesso il lettore si trova di fronte numerose revisioni con conclusioni contrastanti. Per quanto riguarda il termine CAI, questo include al suo interno due tipi di instabilità:

- Instabilità meccanica (MAI): dovuta alla lassità della lesione legamentosa
- Instabilità funzionale (FAI): causata da deficit muscolari e propriocettivi successivi alla distorsione.

Attualmente in letteratura non è possibile individuare un gold standard comunemente accettato per quanto riguarda la definizione di instabilità cronica di caviglia e sui criteri necessari alla diagnosi di tale patologia. Questa eterogeneità nella definizione clinica di CAI è diventata un problema per chiunque voglia effettuare uno studio su un campione di popolazione che rientra in questo gruppo di pazienti.

L'instabilità cronica di caviglia, inoltre, porta spesso ad una riduzione dell'attività lavorativa/sportiva e ad un aumento del costo della vita <sup>(1,4,6,7,9,10,11)</sup>. L'obiettivo di questo elaborato è stato quello di analizzare come e in che termini avviene un'alterazione della biomeccanica nella corsa in pazienti con Instabilità cronica di caviglia e se (e come) questa può essere corretta/ridotta tramite l'intervento di un fisioterapista specializzato in disturbi muscoloscheletrici. La revisione narrativa ha preso in considerazione un totale di 23 articoli, tutti riferiti a pazienti con CAI e prevalentemente sportivi. Sono stati approfonditi esclusivamente gli articoli che riguardano l'alterazione biomeccanica in gesti dinamici come la corsa o il salto ma anche qualche articolo che riguarda le variazioni biomeccaniche in statica.

### 3. Materiali e metodi

Per quanto riguarda gli obiettivi e, di conseguenza i materiali ed i metodi utilizzati per la stesura dell'elaborato ci si è posti fondamentalmente due quesiti:

1. L'instabilità cronica di caviglia provoca (e, se si, in quali termini) alterazioni nella biomeccanica della corsa?
2. In che modo l'intervento fisioterapico può essere utile nella correzione di tutti quei fattori che una instabilità cronica di caviglia apporta alla dinamica della corsa?

Nei criteri di eleggibilità sono stati presi in considerazione tutte le tipologie di pubblicazione (trattandosi di una revisione narrativa). Del modello PICO sono stati presi in considerazione solamente i parametri P ed O e cioè popolazione ed outcome. La popolazione presa in considerazione ha coinvolto uomini e donne adulte, preferibilmente runners o sportivi con instabilità cronica di caviglia. L'altro parametro del PO, e cioè l'outcome ha considerato come criteri di inclusione le alterazioni biomeccaniche ed eventualmente l'efficacia dell'intervento riabilitativo. I criteri di esclusione hanno riguardato i pazienti minorenni e i pazienti con altre patologie del piede, inclusi pazienti con Las e Mas. La banca dati utilizzata per svolgere questa tesi è stata Medline.

Dopo aver individuato le parole chiave attraverso il PO, vengono utilizzate singolarmente o messe in relazione tra di loro e i rispettivi sinonimi per consultare la letteratura disponibile sull'argomento. Il termine "chronic ankle instability" è stato individuato con le parole chiave "functional ankle instability" o "mechanical ankle instability" o "recurrent ankle instability". Il termine corsa è stato individuato con la parola chiave "running". Il termine biomeccanica è stato invece individuato con il termine Mesh "biomechanics". La ricerca su Pub Med è stata effettuata utilizzando le parole chiave come Mesh Terms (quando disponibili) o come parole libere combinate tra loro con gli operatori booleani AND ed OR.

Di seguito si riporta la stringa utilizzata sulla banca dati Mediline:

("functional ankle instability" [All Fields] AND "mechanical ankle instability" [All Fields] AND "recurrent ankle instability" [All Fields]) AND ("Biomechanics" [Mesh Terms] AND ("running"[MeSH Terms] AND "ankle injuries"[MeSH Terms] AND ("ankle"[MeSH Terms]

OR "ankle joint"[MeSH Terms]) AND ("running"[MeSH Terms] OR "running"[All Fields] OR "runnings"[All Fields] OR ("jogged"[All Fields] OR "jogging"[MeSH Terms] OR "jogging"[All Fields])) AND (("human s"[All Fields] OR "humans"[MeSH Terms] OR "humans"[All Fields] OR "human"[All Fields]) AND ("adult"[MeSH Terms] OR "adult"[All Fields] OR "adults"[All Fields] OR "adult s"[All Fields])) NOT ("child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields] OR ("child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields]) OR ("animals"[MeSH Terms:noexp] OR "animals"[All Fields]))

Gli studi sono stati selezionati e, una volta ottenuti i full text sono stati eliminati eventuali studi simili tra loro e selezionati esclusivamente quelli che contengono e soddisfano i criteri di inclusione sopracitati.

Items dei dati:

- Disegno di studio
- Valutazione dell'alterazione
- Eventuale misura di outcome utilizzata per valutare il miglioramento dell'alterazione
- Durata del follow-up

## 4. RISULTATI

La ricerca, effettuata esclusivamente mediante il motore di ricerca scientifico “Med Line” Pub Med, ha prodotto un totale di 64 risultati. Non sono stati presi in considerazione ulteriori motori di ricerca in quanto questi non producevano risultati utili alla ricerca. La stringa finale di ricerca utilizzata è stata frutto di una “scrematura” fatta da una iniziale e troppo generica stringa la quale comprendeva studi effettuati su pazienti con altre patologie del piede non di nostro interesse. Ciononostante nei risultati finali sono stati compresi degli studi che riguardano altre patologie ma che fanno riferimento a meccanismi di alterazione biomeccanica a noi utili ai fini di comprendere come, con quali limiti ed a quali livelli può avvenire un’alterazione della “meccanica” del piede. Dei 64 articoli trovati tramite la stringa di ricerca ne sono stati esclusi 23 in quanto non rispettavano i criteri di eleggibilità. Dei 41 articoli rimasti, a seguito della lettura dei full text ne sono stati esclusi altri 14, riducendo così a 27 il totale degli studi presi in considerazione per la stesura della tesi. Verrà riportata la flow chart in cui vengono indicati gli studi nel dettaglio, descrivendo di che tipo di studio si tratta, il numero di partecipanti ed i risultati di ogni singolo studio.

### *4.1 Qualità degli studi*

Per valutare i livelli di evidenza degli articoli selezionati è stata utilizzata la Amstar-2 per analizzare la qualità metodologica delle revisioni sistematiche. Per quanto riguarda gli studi osservazionali è stata utilizzata invece la Ottawa- Newcastle, che prevede una parte nella quale vengono descritti i parametri di valutazione che riguardano gli studi retrospettivi e che include un’analisi sulla uniformità e sulla rappresentatività dei casi e dei controlli, sulla comparabilità delle variabili misurate e sulla valutazione in cieco degli studi. La seconda parte della scala prevede invece una descrizione dei parametri che compongono gli studi prospettici, valutando la rappresentatività della corte degli esposti, l’accertamento dell’outcome all’inizio dello studio, l’accertamento dei risultati e, anche in questo caso, la comparabilità delle variabili misurate. I criteri che utilizza la AMSTAR-2 sono 11 e sono i seguenti:

1. I quesiti di ricerca e i criteri di inclusione della revisione comprendono gli elementi del PICO?

2. La revisione sistematica dichiara esplicitamente che i metodi sono stati definiti prima della sua conduzione, motivando tutte le violazioni significative del protocollo?
3. Gli autori motivano la scelta del disegno degli studi inclusi nella revisione?
4. Gli autori hanno effettuato una ricerca sistematica della letteratura?
5. La selezione degli studi è stata effettuata da almeno due autori in maniera indipendente?
6. L'estrazione dei dati è stata effettuata da almeno due autori in maniera indipendente?
7. Gli autori forniscono l'elenco degli studi esclusi giustificando le motivazioni?
8. Gli autori descrivono con sufficiente livello di dettaglio gli studi inclusi?
9. Gli autori hanno utilizzato un metodo adeguato per analizzare il rischio di bias dei singoli studi inclusi nella revisione?
10. Gli autori riportano le fonti di finanziamento degli studi inclusi nella revisione?
11. Se è stata condotta una meta-analisi, gli autori hanno utilizzato metodi appropriati per la combinazione statistica dei risultati?
12. Se è stata condotta una meta-analisi, gli autori analizzano il potenziale impatto del rischio di bias dei singoli studi nei risultati delle meta-analisi o nelle altre sintesi delle evidenze?
13. Gli autori tengono in considerazione il rischio di bias nei singoli studi quando interpretano/discutono i risultati della revisione?
14. Gli autori spiegano e discutono in maniera soddisfacente ogni eterogeneità osservata nei risultati della revisione?
15. Se è stata effettuata una meta-analisi, gli autori hanno esplorato adeguatamente il bias di pubblicazione e discusso il potenziale impatto sui risultati della revisione?
16. Gli autori hanno riportato ogni fonte potenziale di conflitto di interessi, includendo anche eventuali finanziamenti ricevuti per condurre la revisione?

## Ottawa- Newcastle

### Checklist per studi di coorte:

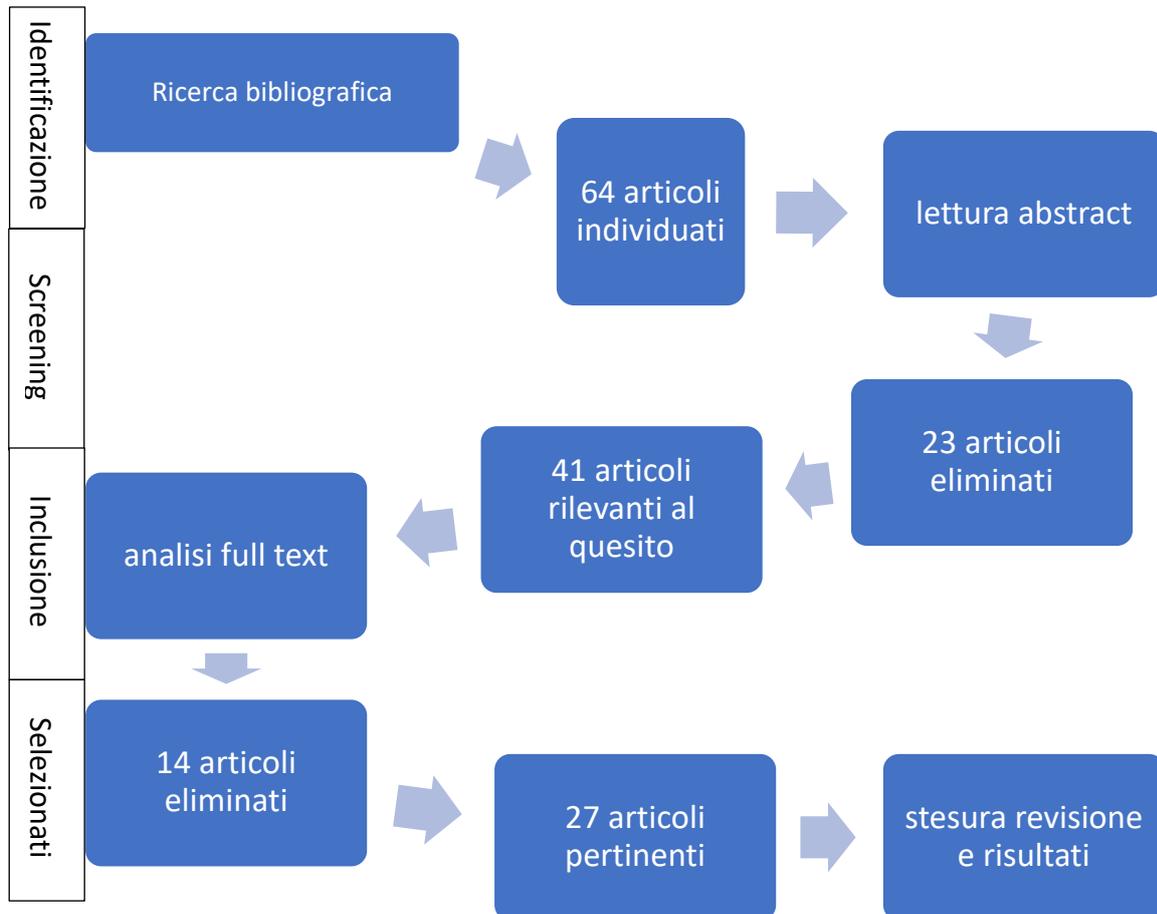
1. Rappresentatività della coorte degli esposti
2. Selezione della corte dei non esposti
3. Accertamento della esposizione
4. Dimostrazione che l'outcome non era presente all'inizio dello studio
5. Confrontabilità delle coorti
6. Rilevazione misure di risultato
7. Completezza follow up

### Checklist per studi caso-controllo:

1. Definizione dei casi
2. Rappresentatività dei casi
3. Selezione dei controlli
4. Definizione dei controlli
5. Confrontabilità dei casi e dei controlli sulla base del disegno di studio o dell'analisi
6. Accertamento dell'esposizione
7. Stesso metodo di accertamento dell'esposizione per casi e controlli
8. Tasso di non risposta

Quasi tutti i risultati venuti fuori dalla selezione sono degli studi controllo, alla quale è stata applicata la sopracitata checklist (OTTAWA NEWCASTLE) al fine di rendere quanto più omogenea possibile la revisione. Tutti gli studi hanno risposto positivamente alla checklist e sono dunque stati presi in considerazione. Le uniche due revisioni sistematiche presenti sono state sottoposte alla scala AMSTAR-2 ed entrambe hanno riportato un punteggio tale da poter essere incluse nella revisione da me condotta. La ricerca non ha prodotto risultati di altro tipo (studi di corte, prospettici ecc) in grado di rispondere alle esigenze di questo elaborato; di conseguenza sono state utilizzate esclusivamente queste due scale di valutazione.

#### 4.2 Flow Chart.



Articoli selezionati in quanto rientrano nei criteri di studio e nel modello PO da noi presto in considerazione:

TITOLO DELLO STUDIO	TIPO DI STUDIO
Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait	Case- control study
Gait kinematics after taping in participants with chronic ankle instability	Controlled laboratory study
Lower extremity muscle activation in patients with or without chronic ankle instability during walking	Descriptive laboratory study
Frontal plane variability in foot orientation during fatiguing running exercise in individuals with chronic ankle instability	Controlled laboratory study
Altered walking neuromechanics in patients with chronic ankle instability	Controlled laboratory study

Charaterizaiton of multiple movement strategies in participants with chronic ankle instability	Descriptive laboratory study
Lower extremity biomechanics during a drop-vertical jump in participants with or without chronic ankle instability	Controlled laboratory study
Neuromuscular control during stepping down in continuous gait in individuals with and without ankle instability	-
Lower extremity joint coupling variability during gait in young adults with and without chronic ankle instability	-
Midfoot and forefoot involvement in lateral ankle sprains and chronic ankle instability.	
Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls	
Differences in kinematic control of ankle joint motions in people with chronic ankle instability	
Multisegmented ankle-foot kinematics during gait initiation in ankle sprains and chronic ankle instability	
Effects of chronic ankle instability on kinetics, kinematics and muscle activity during walking and running: a systematic review	Systematic review
Ankle angle variability during running in athletes with chronic ankle instability and copers	
Variability in center of pressure position and muscle activation during walking with chronic ankle instability	
Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability	
Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes	
Feedback and feedforward control during walking in individuals with chronic ankle instability	Controlled laboratory study
The effect of chronic ankle instability on muscle activations in lower extremities	Cross sectional study
Gait abnormalities in patients with chronic ankle instability can improve	

following a non-invasive biomechanical therapy: a retrospective analysis	
Proximal adaptations in chronic ankle instability: systematic review and meta-analysis	
Ankle joint control in people with chronic ankle instability during run and cut movements	
Effects of dual-task and walking speed on gait variability in people with chronic ankle instability: a cross-sectional study	
Muscle activation patterns during backward walking in people with chronic ankle instability	
Gait biofeedback and impairment- based rehabilitation for chronic ankle instability	Randomized controlled trial
Immediate effects of unilateral restricted ankle motion on gait kinematics in healthy subjects	

Tabelle riassuntive degli studi inclusi nella revisione narrativa.

1. Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait

Autore/i	Inje Lee, MS, CSCS et all
Anno di pubblicazione	2008
Disegno di studio	Case control
Obiettivo	To investigate biomechanical differences of the lower extremity in those with CAI,LAS copers and controls during gait
Popolazione	18 individuals with CAI, 18 individuals with LAS, 18 controls
Intervento	
Outcomes	Three dimensional kinematics and kinetics of the lower extremity during walking and jogging

Risultati	Individuals with cai exhibited dorsiflexion deficit and greates inverted ankles, compared with LAS copers and controls, during walking and jogging. In addition, las copers generated greater knee internal rotator moments tha individuals with CAI. There where no differences in other variables between groups
-----------	--

## 2. Gait Kinematics After Taping in Participants with chronic ankle instability

Autore/i	Lisa Chinn, Jay Dicharry et all
Anno di pubblicazione	2014
Disegno di studio	Controlled laboratory sudy
Obiettivo	To investigate the effect of taping on ankle and knee kinematics during walking and jogging in participants with CAI
Popolazione	15 individuals (8 man, 7 woman, 27 +/- years)
Intervento	Participants walked and jogged in shoes on a treadmill while untapped and taped. The tape technique was a traditional preventive taping procedure. Conditions were randomized
Outcomes	Frontal-plane and sagittal-plane ankle and sagittal-plane knee kinematics were recorded throughout the entire gait cycle.
Risultati	During walking, participants were less plantar flexed from 64% to 69% of the

	gait cycle and less inverted from 51% to 61% and 76% to 81% of the gait cycle when taped. During jogging, participants were less dorsiflexed from 12% to 21% and less inverted from 47% to 58% of the gait cycle when taped. No sagittal plane knee kinematic differences were found
--	--

### 3. Lower extremity muscle activation in patients with or without CAI during walking

Autore/i	Makr A. Feger MD, Luke Donovan MD et all
Anno di pubblicazione	2015
Disegno di studio	Descriptive laboratory study
Obiettivo	To compare motor-recruitment patterns as demonstrated by surface electromyography amplitudes between participants with CAI and healthy control participants during walking
Popolazione	15 adults with CAI (5 men, 10 woman 24+/- 4.2 years)
Intervento	Participants walked shod on a treadmill while surface electromyography signals were recorded from the anterior tibialis, peroneus longus, lateral gastrocnemius, rectus femoris, biceps femoris and gluteus medius muscles
Outcomes	Preinitial contact amplitude, postinitial contact amplitude, time of activation relative to initial contact, and percentage

	of activation time across the stride cycle were calculated for each muscle
risultati	Time of activation for all muscles tested occurred earlier in the CAI group than in the control group. The peroneus longus was activated for a longer duration across the entire stride cycle in the CAI groups than the control group. No differences were noted between groups for measures of electromyographic amplitude at either preinitial or postinitial contact

4. Frontal-Plane Variability in Foot Orientation During Fatiguing Running Exercise in Individuals With Chronic Ankle Instability

Autore/i	Denise McGrath PhD, Matthew Patterson PhD
Anno di pubblicazione	2017
Disegno di studio	Controlled laboratory study
Obiettivo	To investigate the amount of roll-angle variability at the foot during a fatiguing exercise protocol in participants with CAI
Popolazione	18 volunteers with CAI (10 men, 8 women, 29.8 +/- 9.2 years)
Intervento	Kinematic data for foot position were collected while participants performed a functional fatigue protocol based on shuttle runs
Outcomes	Variability of the roll angle of the foot about the x-axis, corresponding to inversion-eversion, was measured at 2

	discrete times: 50 milliseconds before foot strike and 65% of stance
risultati	No differences in roll-angle range or variability were observed between limbs in either group. At 65% of stance, we found a main effect for time, whereby both groups demonstrated decreased roll angle ranges at the end of fatigue protocol. A between-groups effect in the roll-angle variability at 65% of stance was noted with the CAI group exhibiting higher levels of variability. No between-groups differences were observed at 50 milliseconds before foot strike

#### 5. Altered Walking Neuromechanics in Patients With Chronic Ankle Instability

Autore/i	S. Jun Son, PhD, Hyunsoo Kim PhD et all
Anno di pubblicazione	2019
Disegno di studio	Controlled laboratory study
Obiettivo	To compare walking neuromechanics, including kinematics, muscle activity, and kinetics (ie, ground reaction force, moment, and power), between participants with and those without CAI by applying a novel statistical analysis to data from a large sample
Popolazione	100 participants with CAI (49 men, 51 women, 22.2 +/- 2.3 years) and 100 individuals without CAI serving as controls

Intervento	Participants performed 5 trials of walking at a self-selected speed over 2 in-ground force plates
Outcomes	Three dimensional GRFs, lower extremity joint angles, internal joint moments, joint powers, and activation amplitudes of 6 muscles were recorded during stance
risultati	Compared with the control group, the CAI group demonstrated increased plantar flexion or decreased dorsiflexion, increased inversion or decreased eversion, decreased knee flexion, decreased knee abduction and increased hip flexion angles. Increased or decreased inversion, increased planter flexion, decreased knee extension, decreased knee abduction, and increased hip-extension moments. Increased vertical, braking and propulsive GRFs; increased hip eccentric and concentric power and altered muscle activation in all 6 lower extremity muscles.

6. Characterization of Multiple Movement Strategies in Participants With Chronic Ankle Instability

Autore/i	J. Ty Hopkins, PhD,ATC; S. Jun Son PhD, ATC et all
Anno di pubblicazione	2019
Disegno di studio	Descriptive laboratory study

Obiettivo	To identify specific movement strategies in a large sample of participants with CAI and to characterize each strategy relative to a sample of uninjured control participants.
Popolazione	220 individuals with CAI (104 men, 96 women, 22.3 +/- 2.2 years). 100 healthy individuals.
Intervento	Analyzing biomechanics of participants with CAI
Outcomes	Lower extremity joint biomechanics and ground reaction forces were collected during a maximal vertical jump landing, followed immediately by a side cut.
risultati	Six distinct clusters were identified from the frontal plane and sagittal plane data. Differences in joint angles, joint moments and ground reaction forces between clusters and the control group were also identified

7. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability

Autore/i	C. Collin Herb, PhD, Kaitlyn Grossman, MD et al
Anno di pubblicazione	2018
Disegno di studio	Controlled laboratory study
Obiettivo	To assess the kinematics and kinetics of the lower extremity, vertical ground reaction force (vGRF) and EMG of 4

	shank muscles during a drop vertical jump task
Popolazione	47 active adults in either the CAI (n=24) and a control group of 23
Intervento	Three dimensional motion capture was performed using an electromagnetic motion- capture system. Lower extremity kinematics, frontal- and sagittal- plane kinetics, vGRF, and EMG of the shank musculature were collected while participants performed 10 DVJs.
Outcomes	Means and 90% confidence intervals were calculated for all measures from 100 milliseconds before to 200 milliseconds after force- plate contact
risultati	Patitents with CAI had greater inversion from 107 to 200 milliseconds postcontact, smaller plantar- flexion kinematics from 11 to 71 milliseconds postcontacts, greater ankle sagittal plane kinetics from 11 to 77 milliseconds postcontact and from 107 to 200 milliseconds postcontacts, and smaller knee sagittal plane kinematics from 95 to 200 milliseconds postcontact than control participants after landing. The patients with CAI had a greater vGRF from 94 to 98 milliseconds postcontact and peroneal activity from 17 to 128 milliseconds postcontact than the control participants

8. Neuromuscular control during stepping down in continuous gait in individuals with and without ankle instability

Autore/i	Mark A.Dundas, Gregory Gutierrez, Federico Pozzi
Anno di pubblicazione	2014
Disegno di studio	Control study
Obiettivo	To investigate neuromuscular control (including kinematics, kinetics and EMG) during stepping down from a curb
Popolazione	11 participants with CAI, 9 participants with ankle sprain (CPRs), 13 participants as a control group.
Intervento	To investigate neuromuscular control during stepping down from a curb, a common yet challenging daily activity in persons with ankle instability
Outcomes	EMG
risultati	A significant group difference was noted and the CPR group demonstrated increased tibialis anterior activity in the preparatory and reactive phases when compared to healthy and unstable groups. CPR group also demonstrated a significantly less plantar- flexed position at touchdown than the other 2 groups.

9. Lower extremity joint coupling variability during gait in young adults with and without chronic ankle instability

Autore/i	Thomas Lilley, Christopher C.Herb et all
Anno di pubblicazione	2017

Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	To analyse the joint coupling variability (VCV) of the ankle in adults with and without CAI during gait.
Popolazione	27 participants (13 with CAI, 14 control group).
Intervento	Four joint coupling pairs were analysed, knee sagittal- ankle sagittal, knee sagittal- ankle frontal, hip frontal-ankle sagittal and hip frontal-ankle frontal. Lower extremity kinematics were collected during walking and jogging.
Outcomes	3D study
risultati	During walkin, CAI patints exhibited higher VCV than healthy controls for knee sagittal-ankle frontal in latter parts of stance thru mid-swing. When jogging, CAI patints demonstrated lower VCV with specific differences occurring across various intervals of gait. The increased knee sagittal-ankle frontal VCV in CAI patients during walking may indicate an adaptation to deal with the previously identified decrease in variability in transverse plane shank and frontal plane rearfoot coupling during walking; while the decreased ankle knee and ankle hip VCV identified in CAI patinents during jogging may represent a more rigid, less adaptable sensorimotor system ambulating at a faster speed.

10. midfoot and forefoot involvement in lateral ankle sprains and chronic ankle instability. Part 1: anatomy and biomechanics

Autore/i	John J. Fraser, PT, Mark A. Feger PhD
Anno di pubblicazione	2016
Disegno di studio	Clinical commentary
Obiettivo	Detail the roles of the intrinsic and extrinsic foot and ankle musculature from a multisegmented foot perspective, and discuss the biomechanics of the ankle- foot complex during function
Popolazione	
Intervento	
Outcomes	
risultati	The interplay of segmental joint mobility, afferent and efferent sensorimotor function, and movement and stabilization provided by extrinsic musculature is required to coordinate and execute the complex kinematic movements in the ankle- foot complex during propulsion

11. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls

Autore/i	Kenneth Monaghan, Eamonn Delahunt et all
Anno di pubblicazione	2005
Disegno di studio	Control study

Obiettivo	Explain if the chronic ankle instability would exhibit a different kinematic and kinetic pattern during normal walking when compared with a control group
Popolazione	25 participants with CAI, 25 year. 25 control group
Intervento	Gait analysis was carried out on 50 subjects during walking. Kinematic and kinetic pattern differences using the 3D motion analysis system combined with a force plate were established during 100ms pre heel strike and 200 ms post heel strike, between the chronic ankle instability subjects and controls during normal walking
Outcomes	3D gait analysis
risultati	Chronic ankle instability subjects were significantly more inverted in the frontal plane compared to controls from 100ms pre heel strike to 200 ms post heel strike. The joint angular velocity was significantly higher at heel strike in the chronic ankle instability group. During the early stance phase of gait chronic ankle instability subjects appear to be controlled by an evertor muscle moment working concentrically compared to an invertor muscle moment working eccentrically in the controls.

12. Differences in kinematic control of ankle joint motions in people with chronic ankle instability

Autore/i	Kristof Kipp, Riann M. Ppalmieri- Smith
Anno di pubblicazione	2013
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	To investigate the strategies used to control ankle joint motions between a group of people with chronic ankle instability and a group of healy, matched controls
Popolazione	11 people with chronic ankle instability, 11 matched control subjects
Intervento	Three dimensional ankle joint angles were calculated from 100ms before, to 200ms after landing. Kinematic control of the three rotational ankle joint degrees of freedom was investigated by simultaneously examining the the three dimension co variation of plantarflexion/dorsiflexion, toe-in/toe-out rotation, and inversion/eversion motions with principal component analysis.
Outcomes	Three dimensional ankle joint akle
risultati	Group differences in the variance proportions of the first two principal components indicated that the angular co-variation between ankle joint motions was more linear in the control group, but more planar in the chronic ankle

	instability group. Frontal and transverse plane motions, in particular, contributed to the group differences in the linearity and planarity of angular co-variation
--	---

13. Multisegmented ankle-foot kinematics during gait initiation in ankle sprains and chronic ankle instability

Autore/i	John j. fraser, PT, PhD, Joseph M. Hart, PhD
Anno di pubblicazione	2019
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	The purpose of this study was to compare three dimensional multisegmented ankle- foot kinematics during stance phase following gait initiation in acute lateral ankle sprain, CAI, coper and control groups
Popolazione	80 active individuals (22, Control, 21 Coper, 17 Ankle Sprain, 20 CAI)
Intervento	Three dimensional kinematics of the hallux, medial forefoot, lateral forefoot, medial midfoot, lateral midfoot and rearfoot on shank were collected during the stance phase following gait initiation using an electromagnetic motion capture system.
Outcomes	Statistical Parametric Mapping ANOVA and post hoc t-test comparing Coper, Ankle Sprain, or Chronic- Instability vs Control Groups. Secondary analysis was

	performed comparing Chronic- Instability vs Coper Groups
risultati	The ankle sprain group had up to 4.1° more rearfoot inversion during midstance from 42 to 49% of stance phase compared to healthy controls. The chronic- instability group had up to 5.3° more rearfoot inversion from 34% to 91% of stance phase compared to controls. There were no further statistical differences found between CAI and Copers, other planes, or segments of the ankle foot complex

14. Immediate effects of unilateral restricted ankle motion on gait kinematics in healthy subjects

Autore/i	Jaqueline Romkes, Katrin Schweizer
Anno di pubblicazione	2015
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	This study examined the lower body gait kinematics and temporal-spatial parameters of healthy people when walking freely and with unilateral restricted ankle motion
Popolazione	15 asymptomatic normative adult subjects (9 females and 6 males). 24,7 years
Intervento	Specific hip and knee kinematic parameters and temporalspatial parameter were investigated.

Outcomes	
risultati	Unilateral restricted ankle motion influenced kinematics mainly in the swing phase. Hip and knee peak flexion in the swing phase were increased on the restricted side compared to walking freely. Peak hip flexion occurred earlier in the swing phase in the restricted condition compared to the free walking condition. For these parameters, the confidence intervals were different, indicating clinical relevance. Walking with unilateral restricted ankle motion had a negative effect on walking velocity, cadence, step time, and step length

15. Effects of chronic ankle instability on kinetics, kinematics and muscle activity during walking and running: a systematic review.

Autore/i	Gabriel Moisan, Martin Descarreaux et all
Anno di pubblicazione	2016
Disegno di studio	Systematic review
Obiettivo	To study the effects of CAI on kinetics, kinematics and muscle activity during walking and running
Popolazione	
Intervento	
Outcomes	

risultati	During walking, participants with CAI presented increased ankle and rearfoot inversion, ankle plantarflexion, lateral foot vertical forces and peroneus longus muscle activity. During running, kinematic differences were similar to those during walking, but few studies quantified kinetics and muscle activity to draw sound conclusions.
-----------	--

16. Ankle angle variability during running in athletes with chronic ankle instability and copers

Autore/i	Philipp Wanner, Thomas Schmautz et all
Anno di pubblicazione	2018
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	Evaluate kinematics during run in patients with CAI
Popolazione	32 male athletes
Intervento	Instrumented running analysis tu investigate altered kinematics during running compared to uninjured individuals
Outcomes	Instrumented running analysis
risultati	At both running velocities, no statistically significant differences in mean ankle kinematics were observed. At high running velocity, athletes with CAI demonstrated significantly increased frontal plane variability at 17-19% of the running gait cycle. Additionally, large

	<p>between group effect sizes may potentially indicate increased frontal plane variability during initial contact and terminal swing, as well as decreased variability in sagittal plane at 34-35% in CAI. A similar tendency existed at moderate velocity, with large effect sizes indicating decreased dorsiflexion at 75-89% in CAI, as well as an increased frontal plane variability at 16-25% and 97-99%</p>
--	--

17. Variability in center of pressure position and muscle activation during walking with chronic ankle instability

Autore/i	Rachel Koldenhoven, Mark A. Feger
Anno di pubblicazione	2018
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	Identify differences in stride-to-stride variability in the position of the center of pressure (COP) and muscle activity during walking between individuals with and without CAI.
Popolazione	34 Participants (17 with CAI, 17 Healthy subjects)
Intervento	Participants walked on a treadmill at 1.3 m/s while surface electromyography of the fibularis longus and plantar pressure were recorded. The medial lateral COP position was averaged for each 10% interval of stance and group standard deviations, coefficient of variation, and

	range for the COP position were compared between groups via independents t-tests.
Outcomes	EMG results
risultati	The CAI group had increased COP, COV, range position variability during the first 10% of stance. The CAI group had lower FL sEMG amplitude variability from 1 to 10%, 32-38% and 56-100% of the gait cycle. Increased COP variability at initial contact may increase risk of lateral ankle sprains in CAI patients. Decreased sEMG amplitude variability may indicate a constrained sensorimotor system contributing to an inability to adapt to changing environmental demands.

18. Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability

Autore/i	Lindsay K. Drewes, Patrick O. McKeon et all
Anno di pubblicazione	2009
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	The purpose of the study was to determine whether individuals with chronic ankle instability demonstrate altered dorsiflexion/plantar flexion range of motion compared to controls during jogging.

Popolazione	7 participants with CAI (age 25 +/- 4 years) and 7 healthy control group (age 25 +/- 4.5 years)
Intervento	All subjects jogged on an instrumented treadmill while a ten camera motion analysis system collected three dimensional kinematics of the lower extremities.
Outcomes	The main outcome measure was sagittal plane range of motion of the ankle throughout the gait cycle.
risultati	CAI subjects had significantly less dorsiflexion compared to the control group from 9% to 25% during jogging. CAI subjects demonstrated limited ankle dorsiflexion ROM during the time of maximal dorsiflexion during jogging. Limited dorsiflexion ROM during gait among individuals with CAI may be a risk factor for recurrent ankle sprains.

19. Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes

Autore/i	Lisa Chinn, Jay Dicherry et all
Anno di pubblicazione	2012
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	To evaluate frontal and sagittal plane ankle kinematics between subjects with chronic ankle instability (CAI) and

	healthy controls while walking and jogging shod on a treadmill.
Popolazione	15 subjects with self reported CAI, 13 healthy subjects
Intervento	
Outcomes	Sagittal and frontal plane ankle kinematics were calculated throughout the gait cycle. For each speed, the means and associated 90% confidence intervals were calculated in each plane across the entire gait cycle and increments in which the confidence intervals bands for the groups did not cross each other for at least 3 consecutive percentage points of the gait cycle were identified.
risultati	At various increments while both walking and jogging, CAI subjects were found to be more plantar flexed compared to controls. In the frontal plane, CAI subjects were found to be more inverted at three different increments while jogging only

20. Feedback and Feedforward Control during Walking in Individuals with Chronic Ankle Instability

Autore/i	Sheng-Che Yen PT, PhD, Marie B. Corkey PT, PhD
Anno di pubblicazione	2016
Disegno di studio	Controlled laboratory study

Obiettivo	To understand whether CAI is associated with changes in feedback and feedforward control when subjected to experimental perturbation during walking
Popolazione	12 subjects with CAI and 12 healthy subjects
Intervento	12 subjects with CAI and 12 control subjects walked on a treadmill while adapting to external loading generating inversion perturbation at the ankle joint. Ankle kinematics around heel contact during and after the adaptation were compared between the two groups
Outcomes	
risultati	Both healthy and CAI groups showed an increase in eversion around heel contact in early adaptation to the external loading. However, the CAI group adapted back towards the baseline while the healthy controls showed further increase in eversion in late adaptation. When the external loading was removed in the post adaptation period, healthy controls showed an after effect consisting of an increase in eversion around heel contact but the CAI groups showed no aftereffect.

21. The effect of chronic ankle instability on muscle activations in lower extremities

Autore/i	Chiao-I Lin, Mina Khajooei et all
Anno di pubblicazione	2021
Disegno di studio	Cross-sectional study
Obiettivo	The goal of the study is to compare the difference of the motor control strategy in ipsilateral and contralateral proximal joints ehile unperturbed walking and perturbed walking between individuals with CAI and matched controls
Popolazione	13 participants with unilateral CAI and 13 controls
Intervento	Participants walked on a split-bel treadmill with and without random left and right sided perturbations- EMG amplitudes of muscles at lower extremities were analyzed 200ms after perturbations, 200ms before and 100ms after heel contact while walking. Onset latencies were analyzed at heel contacts and after perturbations.
Outcomes	Statistical significance was set at alpha <0.05 and 95% confidence intervals were applied to determine group differences. Cohen's d effect sizes were calculated to evaluate the extent of differences
risultati	Participants with CAI showed increased EMG amplitudes for NON- rectus abdominus at Post100 and shorter latencies for IN- gluteus maximus after

	heel contact compared to com. Overall, leg muscles and trunk muscles activated earlier and more for the CAI group than CON group.
--	---

22. Gait abnormalities in patients with chronic ankle instability can improve following a non-invasive biomechanical therapy: a retrospective analysis

Autore/i	Shay Tenenbaum MD, Ofir Chechik, MD et all
Anno di pubblicazione	2017
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	The purpose of this study was to evaluate the changes in gait patterns and clinical outcomes of patients with CAI following treatment with a home-based non invasive biomechanical device
Popolazione	33 patients with CAI and 43 healthy controls.
Intervento	
Outcomes	Clinical evaluation was recorded with SF-36 Health Survey and the foot and Ankle Outcome Score (FAOS)
Risultati	Significant baseline differences were found between groups. Patients with CAI showed a statistically significant improvement in velocity, cadence, symptomatic limb step length and single limb support over time. Significant improvement in SF-36 PCS and FAOS

	outcome scores were found in patients with CAI.
--	---

23. Proximal Adaptations in Chronic Ankle Instability: Systematic Review and Meta-analysis

Autore/i	Alexandra F. Dejong, Rachel M. Koldenhoven et all
Anno di pubblicazione	2020
Disegno di studio	Systematic review and Meta-analysis
Obiettivo	The purpose of this systematic review and meta-analysis was to synthesize trunk, hip, thigh and knee neuromuscular and biomechanical outcome measures during functional assessments when compasring CAI to healthy groups
Popolazione	
Intervento	
Outcomes	
Risultati	Pooled estimates reflected that CAI patients had decreased triplanar isometric hip strength outcomes. Knee kinematics did not differ from healthy groups during dynamic balance testing.

24. Ankle Joint Control in People with Chronic Ankle Instability During Run-and-cut Movements

Autore/i	Patrick Fuerst, Albert Gollhofer, Heinz Lohrer et all
Anno di pubblicazione	2018
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	The purpose of present study was to analyse ankle joint kinematics and kinetics as well as neuromuscular activation during dynamic change of direction movements.
Popolazione	18 participants with functional instability, 18 participants with functional and mechanical instability and 18 healthy controls
Intervento	Participants performed 45° sidestep-cutting and 180° turning movements in reaction to light signals.
Outcomes	
Risultati	During sidestep cutting both instability groups displayed significantly lower inversion angles than controls when the trials with the highest maximum inversion angle of each participant were compared. In turning movements, participants with functional instability presented significantly lower average maximum inversion angles than controls as well as hinger prenoneal activation before foot strike than participants with

	both functional and mechanical instability.
--	---

25. Effects of dual-task and walking speed on gait variability in people with chronic ankle instability: a cross-sectional study

Autore/i	Shmuel Springer and Uri Gottlieb
Anno di pubblicazione	2017
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	This study compared the effects of dual-task and walking speed on gait variability in individuals with and without CAI
Popolazione	16 subjects with CAI and 16 healthy control age and gender matched
Intervento	Stride time variability and stride length variability were measured on a treadmill under four different conditions: self paced walking, self paced walking with dual task, fast walking and fast walking with dual task
Outcomes	Gait analysis
Risultati	Under self paced walking there was no difference in stride time variability between CAI and control groups. In the control group, compared to self paced walking, stride time variability decreased in all conditions: self paced walking with dual task, fast speed, and fast speed with dual task. However, in the CAI group, compared to self paced walking, decreased stride time variability was demonstrated only in the fast speed with

	dual task condition. Stride length variability did not change under any condition in either group
--	---

26. Muscle activation patterns during backward walking in people with chronic ankle instability

Autore/i	Tharani Balasukumaran, Uri Gottlieb and Shmuel Springer
Anno di pubblicazione	2020
Disegno di studio	Case control study
Obiettivo	The purpose of this study was to determine whether muscle activity and activation variability during BW differs between subjects with and without CAI
Popolazione	16 participants with CAI and 16 healthy control
Intervento	Participants walked on a treadmill at their self-selected speed under BW and forward walking (FW) conditions.
Outcomes	Surface electromyography (EMG) data for the peroneus longus, tibialis anterior, medial gastrocnemius and gluteus medius muscles were collected.
Risultati	No differences between groups were noted in the %MVIC amplitude or activation variability (SD of %MVIC EMG) under BW of FW. In both groups, decreased tibialis anterior and gluteus medius, and increased medial gastrocnemius activation were observed

	during pre- and post-IC under BW condition.
--	---

27. Gait Biofeedback and Impairment-based Rehabilitation for Chronic Ankle Instability

Autore/i	Koldenhoven PhD, Abbas H. Jaffri
Anno di pubblicazione	2016
Disegno di studio	Randomized controlled trial
Obiettivo	The purpose was to analyze the effects of 4-weeks of visual gait biofeedback and impairment based rehabilitation on gait biomechanics and patient- reported outcomes in individuals with CAI.
Popolazione	27 individuals with CAI
Intervento	14 received no biofeedback, 13 received. Both groups received 8 sessions of impairment-based rehabilitation. The GBF group received visual biofeedback to reduce ankle frontal plane angle at initial contact during treadmill walking. The NBF group walked for equal time during rehabilitation but without feedback.
Outcomes	Pros (Foot and Ankle Ability Measure Activities of Daily Living, FAAM-Sport, Tampa Scale of Kinesiophobia (TSK), Global Rating of Change (GROC)
Risultati	The GBF group significantly decreased ankle inversion at IC and throughout the entire stride cycle. The NBF group did

	<p>not have significantly altered gait biomechanics. The groups were significantly different after rehabilitation for the FAAM-ADL and GROC with the GBF group showing greater improvements than the NBF group. There were no significant differences between groups for kinetics or electromyography measures. The GBF group successfully decreased ankle inversion angle and had greater improvements in PROs after intervention compared to the NBF group. Impairment-based rehabilitation combined with visual biofeedback during gait training is recommended for individuals with CAI.</p>
--	--

## 5. DISCUSSIONE

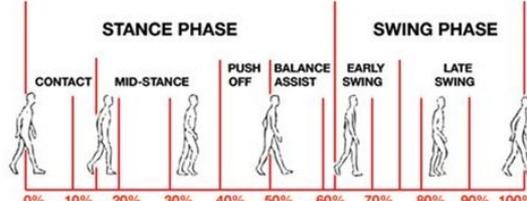
Lo scopo di questa revisione narrativa è stato quello di indagare le alterazioni biomeccaniche nei pazienti con instabilità cronica di caviglia andando a comprendere se e in che modo l'approccio manuale o comunque riabilitativo può incidere nel miglioramento di eventuali pattern alterati. E' bene precisare che, come noto, corsa e camminata hanno dei pattern biomeccanici totalmente diversi. Si parla di corsa quando scompare il doppio appoggio contemporaneo dei piedi e compare la fase di volo, ovvero un lasso di tempo in cui nessuno dei piedi è in contatto con il suolo. La corsa viene distinta in:

- Distance running: corsa adatta a lunghe distanze
- Sprinting: corsa veloce su distanze brevi

Lo sprinting è caratterizzato da velocità più alte rispetto al distance running, e da una fase di volo che può arrivare fino all'80% del tempo totale del passo. Con tempo del passo si intende il lasso di tempo che va dall'appoggio di un piede fino all'appoggio del piede opposto. Viene solitamente diviso in due fasi: una di appoggio (stance) che va dal momento del contatto iniziale (initial contact, IC) fino al distacco della punta del piede (Toe off, TO) e di una di swing che va dal distacco fino al contatto iniziale del passo successivo. Durante la corsa, tutte le articolazioni del complesso della caviglia da un lato orientano il piede nel piano frontale e trasversale per "presentare" correttamente la pianta del piede al suolo, qualunque sia la posizione della gamba e l'inclinazione del terreno, dall'altro, modificano la forma e la curvatura della volta plantare per poter adattare il piede alle asperità del terreno e inoltre creare tra il suolo e la gamba, che trasmette il peso del corpo, un sistema di ammortizzatori che dia al passo elasticità e scioltezza. I fisiologici movimenti della caviglia sono la flessione dorsale e plantare (rispettivamente di circa 27° e 35°), la ab/adduzione la cui ampiezza varia dai 35° ai 45° e, intorno all'ultimo asse i movimenti di inversione ed eversione. L'ampiezza della inversione è di 52°, maggiore di quella in eversione (25°-30°).

Le articolazioni del piede sono costituite in modo tale che un movimento in uno dei due piani si accompagna necessariamente ad un movimento negli altri due piani. Così l'adduzione si accompagna all'inversione e ad una lieve flessione dorsale. Queste tre componenti caratterizzano la posizione di "supinazione". Nell'altra direzione, l'abduzione si accompagna necessariamente alla eversione ed alla flessione plantare : è

la posizione detta di “pronazione”. Per il complesso della caviglia sono stati definiti tre sistemi di coordinate. L’asse trasversale passa per i due malleoli e corrisponde all’asse tibio-tarsica. È compreso nel piano frontale e condiziona i movimenti di flessione estensione del piede che si effettuano nel piano sagittale. L’asse longitudinale della gamba è verticale e condiziona i movimenti di adduzione-abduzione del piede, che si effettuano nel piano trasversale. Questi movimenti sono possibili grazie alla rotazione assiale del ginocchio flesso. In piccola misura questi movimenti di adduzione-abduzione rilevano articolazioni della parte posteriore del tarso. L’asse longitudinale del piede è orizzontale e contenuto in un piano sagittale. Condiziona l’orientamento della pianta del piede permettendole di “guardare” sia direttamente in basso, sia in fuori, sia in dentro. Questi movimenti vengono rispettivamente chiamati di pronazione e supinazione. Nella tabella che segue, realizzata mediante EMG di superficie, sono stati messi in evidenza per ogni fase del passo, i muscoli ed i legamenti coinvolti. Conoscere questa tabella risulta quindi fondamentale, anche fini riabilitativi, nell’ottica di un recupero muscolare mirato ad una determinata fase di stance o swing.



		STANCE PHASE				SWING PHASE														
		CONTACT	MID-STANCE	PUSH OFF	BALANCE ASSIST	EARLY SWING	LATE SWING													
		0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%											
		80%	90%	100%																
<b>CAVIGLIA</b>	<b>PLANTAFLESSIONE</b>	DORSIFLESSIONE				DORSIFLESSIONE														
	<b>SUBTALARE</b>	SUPINAZIONE				PRONAZIONE														
<b>LEGAMENTI</b>	Talofibulare Anteriore	X	X					X	X											
	Talofibulare Post.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Calcaneofibulare	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tibionavicolare	X	X	X							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tibiotalate Anteriore	X	X						X	X										
	Tibiotalate Posteriore			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tibiocalcaneare			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Talocalcaneare intr.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>MUSCOLI / TENDINI</b>	Tibiale Anteriore	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Tibiale Posteriore					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Estensore alluce					X														
	Estensore dita	X	X	X	X	X											X	X	X	X
	Flessore alluce						X													
	Flessore dita						X													
	Peroneo lungo		X	X					X	X				X	X					
	Tendine D'Achille																	X	X	
Gastrocnemio/Soleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Sapere infatti quale/i distretto/i muscolari e legamentosi vengono coinvolti in una determinata fase del passo risulta fondamentale, anche ai fini degli studi su pazienti con alterazioni del controllo motorio (come i pazienti con CAI) per comprendere come ed in quale misura è presente un'alterazione dei pattern del cammino o della corsa.

### *5.1 Valutazioni elettromiografiche*

Molti studi da noi presi in considerazione si sono focalizzati sull'attività elettrica dei muscoli durante la corsa o la deambulazione. Per quanto riguarda gli studi che riguardano l'attività elettromiografica (attivazione dei distretti muscolari e loro alterazioni) , alcuni hanno dimostrato che molti cambiamenti dei livelli di attività muscolare si verificano attorno al 15%/20% del ciclo del passo, quando il piede si adatta alla superficie d'appoggio. Molti complessi muscolari si attivano durante la corsa e le forze che generano all'interno delle articolazioni hanno valori di picco compresi tra le 3 e le 4 volte il BW.

Numerosi studi (tra cui quello di Donnelly)<sup>(12)</sup> hanno evidenziato come in pazienti con CAI siano presenti dei deficit di forza degli eversori di caviglia testata in posizione neutra ed in flessione plantare quando confrontati con individui sani. Comunque l'attivazione del peroneo lungo e breve misurata tramite EMGs è simile tra i due gruppi in entrambe le posizioni. Questo indica che questi muscoli non possono essere attivati selettivamente e che l'attività elettromiografica non è direttamente proporzionale alla produzione di forza in pazienti con CAI. Donnelly afferma inoltre che valutare la forza degli eversori di caviglia è raccomandabile in individui con CAI. Lo studio di Makr e Feger<sup>(16)</sup> ha identificato minore attività elettromiografica dei muscoli della caviglia, del ginocchio e dell'anca durante l'esecuzione di quattro esercizi funzionali in pazienti con CAI confrontati con persone in salute. Nello specifico, il peroneo lungo risulta essere attivato precocemente nel gruppo CAI e l'attività muscolare del soleo è ridotta durante l'atterraggio di un salto. Questo potrebbe darci importanti indicazioni dal punto di vista riabilitativo in quanto lavorare ad esempio su una inibizione del peroneo nelle fasi della corsa (tramite ad esempio dei feedback esterni, ma anche tramite controllo interno del paziente) piuttosto che dare come obiettivo di un esercizio quello di (focus interno)

atterrare sulle punte a ginocchia flesse (in modo da stimolare l'attività del soleo) possa essere una buona strategia da utilizzare con questi pazienti.

Poco consistente ma abbastanza significativo anche quanto sostenuto da K. Monaghan et al<sup>(22)</sup> i quali su 25 partecipanti con CAI hanno analizzato ed osservato una maggiore inversione sul piano frontale. Durante la "early stance phase" i soggetti con CAI sembrano avere una prevalenza di utilizzo dei muscoli eversori che lavorano in maniera concentrica, rispetto ad una prevalenza di utilizzo dei muscoli inversori che lavorano eccentricamente nel gruppo di controllo.

## *5.2 Valutazioni cinetiche/cinematiche*

Per quanto riguarda le alterazioni cinetiche e cinematiche nella corsa, le evidenze prese in considerazione in questa revisione sistematica sembrano trovarsi d'accordo sul fatto che nei pazienti con instabilità cronica di caviglia sono presenti alterazioni biomeccaniche ed alterazioni del controllo motorio. Lo studio di Eechaute<sup>(13)</sup> ha definito l'affidabilità e la validità del multiple hop test per valutare il controllo motorio in pazienti con CAI, che è risultato per l'appunto deficitario. Il vantaggio di utilizzare il multiple hop test è quello che, essendo un test di facile somministrazione, può essere eseguito praticamente ovunque dal paziente senza la necessità di utilizzare spazi appositi o equipaggiamenti costosi. In seguito, lo studio di Wikstrom<sup>(14)</sup> ha dimostrato, in contrasto con quanto affermato da Eechaute, che non sono apprezzabili differenze nel controllo motorio valutato con l'esecuzione di diversi hop test in pazienti con CAI confrontati con individui sani. Lo studio proposto da Ko<sup>(15)</sup>, infine, suggerisce ai clinici di utilizzare più test combinati per individuare deficit funzionali. L'autore afferma che dal momento che non esiste un gold standard per discriminare individui con CAI dai sani, una combinazione di 2 (SLHT, SEBT), 3 (2+TIB) o 4 (3+ FLT) test potrebbe essere più appropriata come misurazione. A causa di questa eterogeneità degli studi non è possibile definire quali (o quanti) test siano migliori per determinare deficit funzionali; quello che risulta chiaro però è che una combinazione di più test che prendano in considerazione minimo tre misure di outcome (tempo, errori di equilibrio, VAS) potrebbe dar luce a risultati più affidabili. Lo studio di Hoch<sup>(11)</sup> ha evidenziato che gli individui con CAI mostrano una riduzione del Range of Motion in flessione dorsale in carico e distanze più brevi raggiunte nella direzione anteriore durante il SEBT rispetto ai

partecipanti sani. La massima dorsiflessione inoltre è significativamente correlata alla distanza raggiunta della direzione anteriore del SEBT. Non sono state rilevate differenze significative tra i gruppi per quanto riguarda le altre direzioni. I risultati di questo studio suggeriscono che gli individui con CAI presentano dei deficit meccanici nella funzione della caviglia che vanno a limitare la performance funzionale e il controllo motorio.

Il lavoro condotto da Lee et al<sup>(17)</sup> su un totale di 54 pazienti (di cui 18 con CAI, 18 con LAS e 18 Control) ha evidenziato, in uno studio tridimensionale della corsa come gli individui con CAI mostrano una notevole limitazione alla dorsiflessione se comparati agli altri due gruppi. Lo studio di McGrath<sup>(18)</sup>, eseguito su 18 pazienti con CAI e 18 soggetti "controllo" ha evidenziato come al 65% della fase di stance della corsa in questi soggetti è presente una diminuzione del "roll-angle range", o angolo di rullata. I soggetti con Instabilità Cronica inoltre, secondo lo studio condotta da Hopkins et al<sup>(19)</sup> e basato su 200 individui con CAI e 100 individui come gruppo controllo ha confermato come ci sia nei primi un'alterazione biomeccanica in risposta all'atterraggio da un vertical jump. Sono stati evidenziati 6 diversi cluster relativi al tipo di atterraggio al suolo con variazioni che riguardano il "joint angle", il joint moment e il ground reaction force (confrontati al gruppo di controllo). Un altro studio condotto da Collin Herb et al<sup>(20)</sup> nel 2018 su 48 adulti con CAI, confrontati con gruppo composto da 23 soggetti sani ha dimostrato, nei soggetti con CAI durante la corsa una maggiore inversione nella fase "postcontact" da 107 a 200 mms, una ridotta flessione plantare nella medesima fase da 11 a 71 mms, un maggiore movimento cinetico sul piano sagittale della caviglia da 11 a 77 mms ed un ridotto movimento di estensione del ginocchio da 95 a 200 mms sul piano sagittale. I pazienti con CAI hanno inoltre un tempo più elevato nel vertical ground reaction force (vGRF) da 94 a 98mms e un'attività del peroneo lungo che va da 17 a 128 ms rispetto al gruppo di controllo. Interessante anche quanto affermato da Lilley et al<sup>(21)</sup>, i quali hanno voluto approfondire la combinazione angolare tra le articolazioni di anca ginocchio e caviglia durante la corsa e confrontarle al cammino. Nonostante i partecipanti siano stati in pochi (13 con CAI più un gruppo di controllo composto da 14 individui), è emersa una notevole differenza specialmente nel distretto anca-ginocchio. I pazienti con CAI hanno dimostrato infatti un ridotto VCV (joint coupling variability) rispetto ai sani nella corsa. La revisione sistematica condotta da Moisan, Descarreaux et al<sup>(23)</sup> nel 2016 che ha voluto approfondire gli effetti del CAI sulla cinetica, cinematica ed attività muscolare

durante il cammino e durante la corsa ha evidenziato come, durante il cammino, i pazienti con CAI presentano un' aumentata inversione di caviglia e mediopiede, un' aumentata flessione plantare ed un' aumentata attività del muscolo peroneo lungo. Durante la corsa i parametri sono sovrapponibili a quelli del cammino, di conseguenza le alterazioni sono da considerarsi simili. Stessa cosa per quanto riguarda lo studio di Wanner <sup>(24)</sup> condotto su 32 atleti con CAI. Tutti dimostravano, specialmente nella corsa veloce, un' alterazione dei parametri descritti precedentemente. Anche lo studio del 2009 di Lindsay <sup>(25)</sup> e quello del 2012 di Chinn et al <sup>(26)</sup> hanno confermato quanto detto dagli autori precedentemente citati. Un recente ed interessante studio del 2021 condotto da Chiao-I Lin et al <sup>(27)</sup> su 13 pazienti con CAI ha voluto indagare come e se, durante la corsa, i soggetti a seguito di perturbazioni indotte dall' esterno presentavano delle diverse reazioni rispetto ad un gruppo di controllo. Lo studio, condotto con EMG superficiale ha evidenziato che i muscoli dell' arto inferiore con CAI (specialmente il grande gluteo) e i muscoli addominali ipsilaterali all' arto con CAI presentano un' attivazione precoce se soggetti a perturbazioni esterne durante la corsa. Sempre a proposito di modificazioni indotte dall' esterno, Springer e Gottlieb <sup>(28)</sup> hanno studiato come cambia (rispetto ad un gruppo di controllo) il tempo di "stride" e la lunghezza della fase di "stride" in pazienti con CAI in quattro diverse condizioni: self-paced walking, self-paced walking with dual-task, fast walking e fast walking with dual task. Le misurazioni sono state effettuate tramite sistema OPTOGait system (lo studio non presenta conflitti di interesse). I risultati riportano che, durante il self-paced walking non ci sono differenze nel tempo di stride tra gruppo controllo e pazienti con CAI. Nel gruppo "CAI" si è dimostrato esserci una riduzione nell' andatura "fast speed with dual-task" se paragonata alla self-paced walking. La lunghezza della fase di stride non cambia in nessuna delle 4 condizioni per nessuno dei due gruppi. Quanto emerge da questo studio è il fatto che, per provocare un cambiamento nella camminata nei pazienti con CAI è necessario un più alto livello di "gait disturbance" rispetto ai pazienti sani. Questo indica una più bassa adattabilità del sistema sensorimotorio.

### *5.3 Aspetti riabilitativi*

Per quanto concerne l' aspetto riabilitativo sono state trovate poche evidenze. Tanti studi hanno preso in considerazione l' utilizzo del tape correttivo con lo scopo di inibire

l'attività muscolare dei distretti muscolari iper-attivati. Tutti gli studi non hanno condotto a nulla di particolarmente significativo se non a qualche debole evidenza riguardo l'efficacia del tape come strumento utile a prevenire ulteriori distorsioni di caviglia in pazienti con CAI. I risultati ottenuti non risultano utili ai fini dello scopo della revisione condotta. Unico studio che ha risposto ai criteri della ricerca, riguardo l'utilizzo del tape come strumento di correzione/modifica della cinematica del passo in pazienti con CAI è quello proposto da Chinn, Dicharry et al nel 2014 <sup>(29)</sup>, il quale, nonostante il numero di partecipanti abbastanza esiguo (15 pazienti) ha messo in evidenza come, applicando un tape da loro definito "preventivo" si riduce durante la camminata la flessione plantare del 5% (circa 5.74°) e l'inversione del 10% (circa 4.34°) mentre durante la corsa migliora la dorsiflessione di circa il 9% e migliora l'inversione del 9% (circa 6.52°). Il limite di questo studio è dato dal numero troppo ristretto di partecipanti e dal fatto di essere un unico studio di questo tipo. Dalle ricerche da me condotte non è infatti risultato alcuno studio, oltre appunto quello preso in considerazione, che abbia indagato sulle capacità del tape di modificare la cinematica della caviglia in pazienti con CAI. Particolarmente interessante risulta invece lo studio condotto nel 2017 da Tenenbaum et al <sup>(30)</sup>; nonostante si basi su un campione abbastanza ristretto di soggetti. Sono stati presi in considerazione 33 soggetti con CAI. Su questi è stato utilizzato il sistema Apos, che consiste nell'applicazione di device biomeccanici sotto entrambe le soles delle calzature utilizzate durante la corsa o il cammino. Il device può essere calibrato individualmente per modificare la traiettoria del centro di pressione del piede durante la corsa o per l'appunto il cammino in maniera opportuna. I pazienti sono stati istruiti ad utilizzare il device inizialmente per 10 minuti una volta al giorno durante la settimana, per poi gradualmente aumentare raggiungendo i 60 minuti al giorno entro le 12 settimane successive. Tutti i dati sul cammino sono stati rilevati da un sensore posto all'interno del device ed analizzati (carico, pressione, forza). Nei pazienti con CAI, comparati logicamente ad un gruppo di controllo, si è dimostrato un aumento statisticamente significativo nella velocità (da 104.3 cm/s a 114.8 cm/s), un aumento della cadenza (da 70.4 a 73.6 steps/min), un incremento nella lunghezza del passo dell'arto sintomatico (da 55.9 cm a 62.6 cm). La FAOS score, utilizzata su questi pazienti come misura di outcome ha subito un aumento da 66.6 a 74.8. I maschi sembrano aver avuto un leggero e migliore beneficio rispetto alle donne. Lo studio purtroppo presenta

però un leggero conflitto di interessi in quanto uno dei componenti risulta essere impiegato nell'azienda che produce Apos Therapy System. Ad ogni modo, i risultati, misurati mediante emg e analisi 3D del passo sono concreti e quindi considerabili come validi. Non sono stati trovati ulteriori studi che riguardano l'aspetto riabilitativo.

In generale gli studi presi in considerazione in questa revisione narrativa sono arrivati tutti più o meno alle medesime conclusioni. Gli studi sono stati selezionati in maniera tale da rendere omogenea la popolazione trattata. La fascia di età presa in considerazione è stata in tutti gli studi la medesima (pazienti adulti, da 25 anni in su) così come la tipologia di pazienti, tutti pazienti attivi o sportivi. Tutti gli studi presi in considerazione non hanno fatto distinzione di genere per quanto concerne i risultati finali.

## 6. CONCLUSIONI

Da quanto emerso in questo elaborato risulta evidente la correlazione tra Instabilità cronica di caviglia e alterazioni biomeccaniche. Gli studi presi in considerazione, pur essendo prevalentemente degli studi caso-controllo hanno evidenziato come un deficit della dorsiflessione, alterazioni cinetiche e cinematiche sul piano sagittale e frontale, iperattivazione dei muscoli della loggia laterale della gamba, ipoattivazione dei muscoli della loggia posteriore della gamba (m. soleo primo fra tutti) e deficit propriocettivi siano presenti in tutti i pazienti con CAI, senza distinzione di genere (M o F).

Ligament Stages of Healing	Acute Inflammation (0-3 days)	Regeneration (3 days to 8 weeks)	Remodeling (8 weeks to 1 year)	
Range of Motion	Arthrokinematic	Restricted posterior glide of the talocrural joint		
	Osteokinematic	Decreased active dorsiflexion range of motion		
Strength	Isometric	Decreased inversion, eversion, and plantar flexion strength		
	Eccentric	Decreased eversion strength		
Postural Control	Static	Bilateral	Unilateral	
	Dynamic	Bilateral	Unilateral	
Functional Tasks	Gait	Shorter stride speed and single-limb support time with decreased max power		
		Bilateral increased knee flexion		
	Jump Landing	Increased ankle inversion at initial contact		
Time Elapsed Since Injury	Days	Weeks	Months	Years

La tabella sopra indicata, estratta dall'articolo di Miklovic et al del 2017<sup>(15)</sup> i quali hanno voluto studiare in maniera approfondita i pathway disfunzionali nei pazienti con LAS e CAI, riporta in maniera schematica le alterazioni in termini di rom, forza, controllo posturale e task funzionali nei pazienti oggetto di studio. L'elemento principale che è stato notato è che spesso, le alterazioni che si presentano nella fase acuta vengono riportate anche successivamente nei pazienti in cui si instaura una instabilità cronica di caviglia. I deficit e le alterazioni, osservate tramite analisi tridimensionale ed emg di superficie riguardano allo stesso modo la corsa e la camminata. Non sembrano esserci differenze tra le due tipologie di attività. Per quanto riguarda l'aspetto riabilitativo, non esistono studi consistenti a supporto della riabilitazione o sull'efficacia dell'esercizio terapeutico piuttosto che della terapia manuale. La conclusione alla quale sono arrivato mi porta comunque a ragionare sul fatto che, instaurandosi nei soggetti con CAI delle

alterazioni biomeccaniche in termini di limitazione di rom, deficit di forza, iperattivazione di distretti muscolari e deficit propriocettivi, un lavoro mirato a recuperare questi aspetti deficitari , possa portare ad un miglioramento in termini funzionali nonché prestazionali. Gli unici studi a supporto dell'utilizzo del tape e di strumenti biomeccanici di correzione del passo riguardano un numero inconsistente di soggetti; non possono dunque essere considerati affidabili né assoluti nella risoluzione delle problematiche riguardanti l'instabilità di caviglia. Per quanto riguarda l'esercizio terapeutico e la terapia manuale, le evidenze per l'appunto ci suggeriscono ben poco. Volendo ragionare in termini pratici può comunque risultare utile in questi pazienti applicare della terapia manuale volta al recupero innanzitutto passivo della flessione dorsale. Dopo aver valutato il joint play articolare, averlo confrontato con l'arto sano, è possibile applicare delle tecniche di trattamento volte a recuperare la flessione dorsale, dapprima con paziente in scarico mediante traslazioni posteriori dell'astragalo, piuttosto che traslazioni posteriori del perone. Già dalla seconda seduta potrebbe risultare utile lavorare in carico, quindi con tecniche di tipo Mulligan per il recupero della dorsiflessione. In queste tecniche si potrebbe attenzionare anche l'aspetto dell'attivazione precoce ed esagerata del peroneo lungo, ad esempio, posizionando degli spessori sotto la pianta del piede che vadano a creare una inibizione del suddetto muscolo portando in leggera inversione il piede e chiedendo al paziente di eseguire la flessione dorsale in carico. L'attivazione del soleo, che risulta spesso ipotonotrofico in questi pazienti può essere effettuata chiedendo al soggetto di alzarsi sulle punte mantenendo il ginocchio in leggera flessione. Può risultare utile posizionare sotto i piedi del paziente dei piani instabili (es. tavolette di Freeman) che permettano allo stesso tempo l'attivazione dei peronieri e si può richiedere al paziente di portare il peso del corpo sui bordi esterni di entrambi i piedi quando si termina l'esercizio sulle punte. Gli esercizi dinamici possono prevedere inizialmente un training su treadmill in camminata. Elementi di focus interno possono essere suggeriti al paziente per quanto riguarda l'appoggio del piede. Qualora non fosse possibile utilizzare uno strumento del tipo Walker View, che ci permette di analizzare l'appoggio del piede fornendo dunque un feedback visivo al paziente che risulta "costretto" a modificare l'andatura seguendo i parametri che noi dettiamo, è possibile ricorrere all'utilizzo di uno specchio chiedendo al paziente di focalizzare la propria attenzione sull'appoggio del piede; dopodiché è

possibile iniziare una graduale progressione fino ad arrivare alla corsa. Per valutare come il paziente reagisce, potremmo provare a dargli un altro task motorio: durante la corsa potremmo chiedere ad esempio di eseguire dei movimenti con le braccia, così da valutare in che modo e se vengono mantenuti i pattern alterati appena corretti. Come abbiamo visto, corsa e camminata non presentano grosse differenze in termini di alterazione cinetica, cinematica o di attivazione muscolare; è quindi possibile continuare a dare dei tips al paziente che poi riporterà nel suo return to sport alla corsa su strada. Discorso diverso andrebbe fatto per chi pratica trail in quanto le sollecitazioni risultano essere maggiori e totalmente differenti, ma in questo elaborato non è stato approfondito questo aspetto bensì ci si è limitati ad analizzare la corsa su strada. L'utilizzo di feedback visivi piuttosto che di device biomeccanici potrebbe dunque risultare un approccio utile nella gestione di questa tipologia di pazienti se associato all'esercizio terapeutico ed alla terapia manuale.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Gribble P.A., Bleakley C.M., Caulfield B.M., Docherty C.L., Fourchet F., Tik-Pui Fong D., Hertel J., Hiller C.E., Kaminski T.W., McKeon P.O., Refshauge K.M., Verhagen E.A., Vicenzino B.T., Wikstrom E.A., Delahunt E.: Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. *BJSM*, 2016; Vol 50: 1496-1505
2. Kobayashi T., Gamada K.: Lateral Ankle Sprain and Chronic Ankle Instability: A Critical Review. *F&AS*, 2014; Vol 7: 298-326
3. Kosik K.B., Gribble P.A.: The Effect of Joint Mobilization on Dynamic Postural Control in Patients With Chronic Ankle Instability: A Critically Appraised Topic. *JSR*, 2018; Vol 27: 103-108
4. Tassignon B., Verschueren J., Delahunt E., Smith M., Vicenzino B., Verhagen E., Meeusen R.: Criteria-Based Return to Sport Decision-Making Following Lateral Ankle Sprain Injury: a Systematic Review and Narrative Synthesis. *SM*, 2019; Vol 49: 601-619
5. Tsikopoulos K., Mavridis D., Georgiannos D., Cain M.S.: Efficacy of non-surgical interventions on dynamic balance in patients with ankle instability: a network meta-analysis. *JSAMS*, 2018; Vol 21: 873-879
6. Tsikopoulos K., Mavridis D., Georgiannos D., Vasiliadis H.S.: Does Multimodal Rehabilitation for Ankle Instability Improve Patients' Self-assessed Functional Outcomes? A Network Meta-analysis. *CORS*, 2018; Vol
7. Kosik K.B., McCann R.S., Terada M., Gribble P.A.: Therapeutic interventions for improving self-reported function in patients with chronic ankle instability: a systematic review. *BJSM*, 2017; Vol 51: 105-112
8. Porter D.A., Kamman K.A.: Chronic lateral ankle instability – open surgical management. *FAC*, 2018; Vol 23: 539-554
9. Pourkazemi F., Hiller C.E., Raymond J., Nightingale E.J., Refshauge K.M.: Predictors of chronic ankle instability after an index lateral ankle sprain: A systematic review. *JSAMS*, 2014; Vol 17: 568-573
10. Gribble P.A.; Delahunt E.; Bleakley C.M.; Caulfield B.; Docherty C.L.; Tik-Pui Fong D.; Fourchet F.; Hertel J.; Hiller C.E.; Kaminski T.W.; McKeon P.O.;

- Refshauge K.M.; van der Wees P.; Vicenzino W.; Wikstrom E.A.: Selection Criteria for Patients With Chronic Ankle Instability in Controlled Research: A Position Statement of the International Ankle Consortium. *JAT*, 2014; Vol 49: 121-127
11. Powden C.J., Hoch J.M., Hoch M.C.: Rehabilitation and Improvement of Health-Related Quality-of-Life Detriments in Individuals With Chronic Ankle Instability: A Meta- Analysis. *JAT*, 2017; Vol 52: 753-765
  12. Eversion Strength and Surface Electromyography Measures With and Without Chronic Ankle Instability Measured in 2 PositionsLindsay Donnelly<sup>1</sup>, Luke Donovan<sup>2</sup>, Joseph M Hart<sup>3</sup>, Jay Hertel<sup>3</sup>
  13. Eechaute C, Vaes P, Duquet W. The dynamic postural control is impaired in patients with chronic ankle instability: reliability and validity of the multiple hop test. *Clin J Sport Med*. 2009;19(2):107–14. doi:10.1097/JSM.0b013e3181948ae8. [published Online First: Epub Date] | .
  14. Thompson C., Schabrun S., Romero R., Bialocerkowski A., van Dieen J., Marshall P.: Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis of Systematic Reviews. *SM*, 2018; Vol 48: 189-205
  15. Acute lateral ankle sprain to chronic ankle instability: a pathway of dysfunction Tyler M. Miklovic, Luke Donovan, Omar A. Protzuk, Matthew S. Kang & Mark A. Feger
  16. Lower Extremity Muscle Activation in Patients With or Without Chronic Ankle Instability During Walking Mark A. Feger, MEd, ATC; Luke Donovan, MEd, ATC; Joseph M. Hart, PhD, ATC; Jay Hertel, PhD, ATC, FNATA, FACSM
  17. Title: Altered biomechanics in individuals with chronic ankle instability compared with copers and controls during gait Inje Lee, MS, CSCS, Sunghe Ha, PhD, CSCS, Seongok Chae, MS, Hee Seong Jeong, PhD, Sae Yong Lee, PhD<sup>1</sup>..
  18. Frontal-Plane Variability in Foot Orientation During Fatiguing Running Exercise in Individuals With Chronic Ankle Instability Denise McGrath, PhD\*;

Matthew Patterson, PhD<sup>†</sup>; Ulrik McCarthy Persson, PhD<sup>\*</sup>; Brian Caulfield, PhD

19. Characterization of Multiple Movement Strategies in Participants With Chronic Ankle Instability J. Ty Hopkins, PhD, ATC, FNATA, FACSM; S. Jun Son, PhD, ATC; Hyunsoo Kim, PhD, ATC<sup>†</sup>; Garritt Page, PhD; Matthew K. Seeley, PhD, ATC
20. Lower Extremity Biomechanics During a Drop-Vertical Jump in Participants With or Without Chronic Ankle Instability C. Collin Herb, PhD, ATC; Kaitlyn Grossman, MEd, ATC; Mark A. Feger, PhD, ATC; Luke Donovan, PhD, AT<sup>§</sup>; Jay Hertel, PhD, ATC, FNATA, FACSM
21. Lower extremity joint coupling variability during gait in young adults with and without chronic ankle instability Thomas Lilley, Christopher C. Herb, Joseph Hart & Jay Hertel
22. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls. Kenneth Monaghan <sup>\*</sup>, Eamonn Delahunty, Brian Caulfield
23. Effects of chronic ankle instability on kinetics, kinematics and muscle activity during walking and running: a systematic review. Gabriel Moisan, Martin Descarreaux, Vincent Cantin
24. Ankle angle variability during running in athletes with chronic ankle instability and copers Philipp Wanner, Thomas Schmautz, Felix Kluge, Björn Eskofier, Klaus Pfeifer, Simon Steib
25. Dorsiflexion deficit during jogging with chronic ankle instability. Lindsay K. Drewes, Patrick O. McKeon, D. Casey Kerrigan, Jay Hertel
26. Ankle kinematics of individuals with chronic ankle instability while walking and jogging on a treadmill in shoes Lisa Chinn, Jay Dicharry, Jay Hertel
27. The effect of chronic ankle instability on muscle activations in lower extremities, Chiao-I Lin, Mina Khajooei, Tilman Engel, Alexandra Nair, Mika Heikkila, Hannes Kaplick, Frank Mayer
28. Effects of dual-task and walking speed on gait variability in people with chronic ankle instability: a cross-sectional study Shmuel Springer and Uri Gottlieb

29. Gait Kinematics After Taping in Participants With Chronic Ankle Instability.

Lisa Chinn, PhD, ATC; Jay Dicharry, MPT, SCS; Joseph M. Hart, PhD, ATC;  
Susan Saliba, PhD, PT, ATC, FNATA; Robert Wilder, MD; Jay Hertel, PhD,  
ATC, FNATA, FACSM

30. Gait abnormalities in patients with chronic ankle instability can improve following a non-invasive biomechanical therapy:a retrospective analysis

Shay Tenenbaum, MD, Ofir Chechik, MD, Jason Bariteau, MD, Nathan Bruck,  
MD, Yiftah Beer, MD, Mazen Falah, MD, Ganit Segal, MPE, Amit Mor, Avi  
Elbaz, MD

