

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**L'ALLENAMENTO NEUROMUSCOLARE PER LA PREVENZIONE E  
LA RIABILITAZIONE DELLE DISTORSIONI DI CAVIGLIA NEL  
CALCIO A 5: REVISIONE DELLA LETTERATURA SCIENTIFICA E  
UNA PROPOSTA SPORT-SPECIFICA**

Relatore: Prof.ssa Serena Dalle Palle

Laureando: Mauro Fantinato

N° di matricola: 1225991

Anno Accademico 2021/2022

## INDICE

PREMESSA.....	2
INTRODUZIONE .....	2
ANATOMIA DELLA CAVIGLIA.....	3
1.1. <i>Apparato osteo-legamentoso</i> .....	3
1.2. <i>I muscoli della caviglia</i> .....	6
1.3. <i>Vascularizzazione e innervazione della caviglia</i> .....	7
BIOMECCANICA DELLA CAVIGLIA.....	10
2.1. <i>I movimenti della caviglia</i> .....	11
2.2. <i>La stabilità della caviglia</i> .....	15
LE DISTORSIONI DI CAVIGLIA .....	20
3.1. <i>Descrizione e classificazione</i> .....	20
3.2. <i>Fattori di rischio</i> .....	22
3.3. <i>Epidemiologia</i> .....	24
3.4. <i>Trattamento</i> .....	25
L'ALLENAMENTO NEUROMUSCOLARE .....	27
4.1. <i>Indagine sul territorio</i> .....	27
4.2. <i>Analisi della letteratura</i> .....	32
4.3. <i>Proposta operativa</i> .....	42
BIBLIOGRAFIA.....	82

## **PREMESSA**

La presente idea di tesi nasce dalla mia esperienza nel mondo del calcio a 5. Nel corso degli ultimi 9 anni, praticando tale sport, la tipologia di trauma a cui mi è capitato più spesso di assistere è la distorsione di caviglia. Sono infatti molteplici le situazioni nelle quali compagni di squadra, avversari o altri giocatori sono andati incontro a questa tipologia di infortunio.

Dopo aver affrontato l'argomento nel corso delle lezioni, ho riflettuto sul fatto che mi sarebbe piaciuto approfondire questo tema in modo tale da unire parte della mia esperienza universitaria a quella sportiva.

## **INTRODUZIONE**

Il proposito di questa tesi è quello di analizzare il distretto anatomico della caviglia in tutte le sue componenti, comprenderne la biomeccanica, descriverne la distorsione (classificazione, epidemiologia e meccanismi traumatici), effettuare un'indagine sul territorio e, infine, attraverso una revisione della letteratura scientifica più recente, valutare l'efficacia dell'allenamento neuromuscolare.

Lo scopo è di capire come quest'ultimo, se applicato in modo funzionale, possa essere utilizzato al fine di permettere il miglior recupero, riducendo i tempi e cercando di accelerare il ritorno all'attività dopo un infortunio. Un ulteriore fine è quello di comprendere come l'allenamento neuromuscolare possa essere utilizzato come mezzo preventivo per diminuire l'insorgenza di episodi di questo tipo.

## **CAPITOLO PRIMO**

### **ANATOMIA DELLA CAVIGLIA**

Il distretto anatomico della caviglia è un complesso articolare che rappresenta il punto di unione fra la gamba propriamente detta e il piede ed è costituito dalle estremità distali della tibia e del perone e dalla superficie superiore dell'astragalo.

#### **1.1. *Apparato osteo-legamentoso***

Nella sua definizione più comune con il concetto di "caviglia" si fa riferimento alla sola articolazione tibio-tarsica. Viceversa, nel linguaggio puramente anatomico, con tale espressione si fa riferimento all'insieme di 3 articolazioni:

- Articolazione tibio-fibulare distale: si tratta di una sindesmosi fra le porzioni distali di tibia e perone (l'incisura laterale, o fibulare, della tibia e la superficie piana del perone).
- Articolazione sub-talare (o astragalo-calcaneare): viene anche definita "caviglia bassa" ed è costituita posteriormente dalla giunzione fra la superficie concava dell'astragalo e quella convessa del calcagno e anteriormente coinvolge anche la concavità dell'osso navicolare. A quest'articolazione sono dovuti i movimenti di pronazione e supinazione del piede.
- Articolazione tibio-tarsica (o talocrurale): è la più conosciuta fra le 3 e, per tale motivo, viene anche definita "caviglia propriamente detta". Le estremità distali di tibia e perone formano una struttura concava che prende il nome di "mortaio". Le pareti laterali di quest'ultimo sono formate dai malleoli tibiale e fibulare. All'interno di tale superficie concava si inserisce, in modo complementare, la parte superiore dell'astragalo, che prende il nome di "corpo". Si tratta di un ginglimo angolare, in altre parole una giunzione monoassiale che favorisce i movimenti di flessione (o dorsi-flessione) e di estensione (o flessione plantare). Le superfici articolari sono ricoperte da cartilagine ialina.



A completare la struttura ossea del piede sono le 3 ossa cuneiformi, l'osso cuboide, le ossa metatarsali e infine le falangi. Le prime 3 si articolano con l'osso navicolare che a sua volta è connesso, per mezzo dell'articolazione cuboidenavicolare, all'osso cuboide. Inoltre quest'ultimo entra in contatto anche con il terzo cuneiforme. La giunzione fra le 5 ossa metatarsali da una parte, cuboide e cuneiformi dall'altra dà origine alle articolazioni tarsometatarsali. Infine da ciascun osso metatarsale origina la rispettiva falange.

La conformazione dell'apparato scheletrico del piede determina la formazione di una volta plantare, capace di sostenere l'intero peso del corpo.

### **L'apparato legamentoso**

Il complesso articolare della caviglia è fortemente stabilizzato da una serie di strutture fibrose suddivise in 3 comparti:

- Un comparto centrale: costituito dalla membrana interossea (lamina fibrosa presente fra la tibia e il perone) e dai legamenti tibio-fibulare (o tibio-peroneale) anteriore e posteriore.  
Tale insieme di strutture si occupa di prevenire l'allontanamento reciproco dei due malleoli, stabilizzando l'astragalo.
- Un comparto mediale: si tratta di una robusta banda triangolare che prende il nome di legamento collaterale mediale. Le sue fibre decorrono dal malleolo tibiale (o mediale) e si portano distalmente suddividendosi in 4 legamenti detti deltoidei (o mediali). In particolare modo due di questi s'inseriscono sull'astragalo e prendono il nome di legamenti talo-tibiale anteriore e posteriore, uno decorre fino al calcagno ed è nominato legamento tibio-calcaneale e, infine, l'ultimo s'inserisce sull'osso navicolare ed è detto legamento tibio-navicolare.
- Un comparto laterale: tale compartimento è formato da un unico legamento che s'inserisce prossimalmente sul malleolo peroneale e prende il nome di legamento di Rouvière (o collaterale esterno). Quest'ultimo si divide in 3 porzioni, due delle quali si portano fino

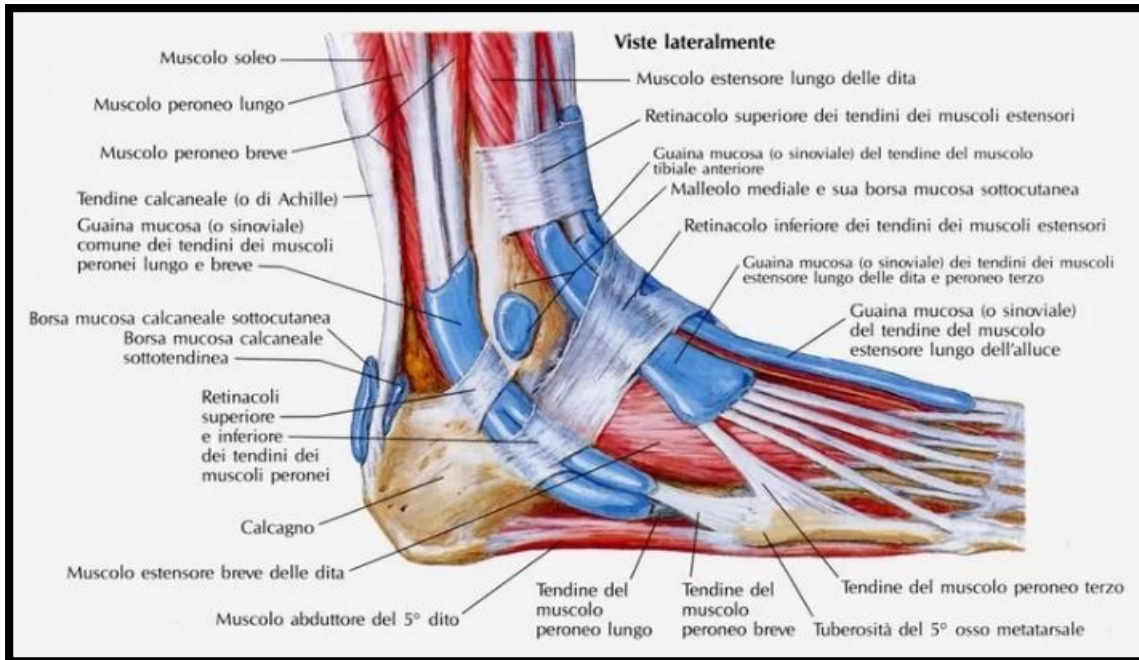
all'astragalo (legamenti talo-fibulare anteriore e posteriore) e uno al calcagno (legamento calcaneo-fibulare).

Le lesioni più frequenti del complesso legamentoso laterale sono associate a distorsioni in inversione, spesso durante l'attività sportiva; il legamento talo-fibulare posteriore è comunemente risparmiato, tuttavia l'aumentata lassità che ne risulta può richiedere in alcuni casi la ricostruzione chirurgica (1).

Anche il piede è costituito da un ricco apparato legamentoso che svolge l'importantissima funzione, assieme ai muscoli plantari brevi e ai tendini dei plantari lunghi provenienti dalla gamba, di evitare lo schiacciamento dei tessuti molli presenti sulla pianta del piede. Di particolare nota sono i legamenti dell'articolazione sub-talare:

- Legamento talo-calcaneale laterale: origina dalla faccia laterale del talo e si porta alla faccia laterale del calcagno.
- Legamento talo-calcaneale mediale: unisce la faccia mediale del talo a quella mediale del calcagno.
- Legamento talo-calcaneale posteriore: dalla porzione laterale dell'astragalo raggiunge la faccia superiore del calcagno.
- Legamento talo-calcaneale interosseo: essendo teso tra il solco del talo e quello del calcagno, viene ad occupare il seno del tarso.

Le funzioni stabilizzatrici dei diversi legamenti presenti nella regione interessata e la ripartizione dei carichi fra le varie strutture componenti il piede verranno approfondite nel capitolo dedicato alla Biomeccanica dell'articolazione della caviglia.



**Figura 1.1:** veduta laterale di una caviglia (47)

## 1.2. I muscoli della caviglia

I muscoli responsabili dei movimenti della caviglia originano dalla gamba propriamente detta e sono suddivisi in gruppi, separati fra loro da strutture di natura connettivale:

- Loggia anteriore: regione compresa fra la membrana interossea e il setto intermuscolare anteriore. Di questo comparto fanno parte il muscolo tibiale anteriore, l'estensore lungo delle dita e l'estensore lungo dell'alluce, i quali agiscono direttamente sulla caviglia determinandone movimenti di flessione dorsale (avvicina il dorso del piede alla tibia) e di supinazione.
- Loggia laterale: zona delimitata dal setto intermuscolare anteriore e posteriore. Vi rientrano i muscoli peronieri: il muscolo peroneo lungo e breve. Il primo svolge un'azione di pronazione del piede e ne collabora alla flessione plantare, mentre il secondo interviene nella sola pronazione.
- Loggia posteriore: area racchiusa fra la membrana interossea il setto intermuscolare posteriore. Superficialmente troviamo il muscolo Tricipite della Sura composto dal Soleo, dal Gastrocnemio e dal Plantare che

sono responsabili della flessione plantare del piede. Più in profondità troviamo i muscoli tibiale posteriore, flessore lungo delle dita e flessore lungo dell'alluce, i quali agiscono sulla caviglia determinandone la supinazione.

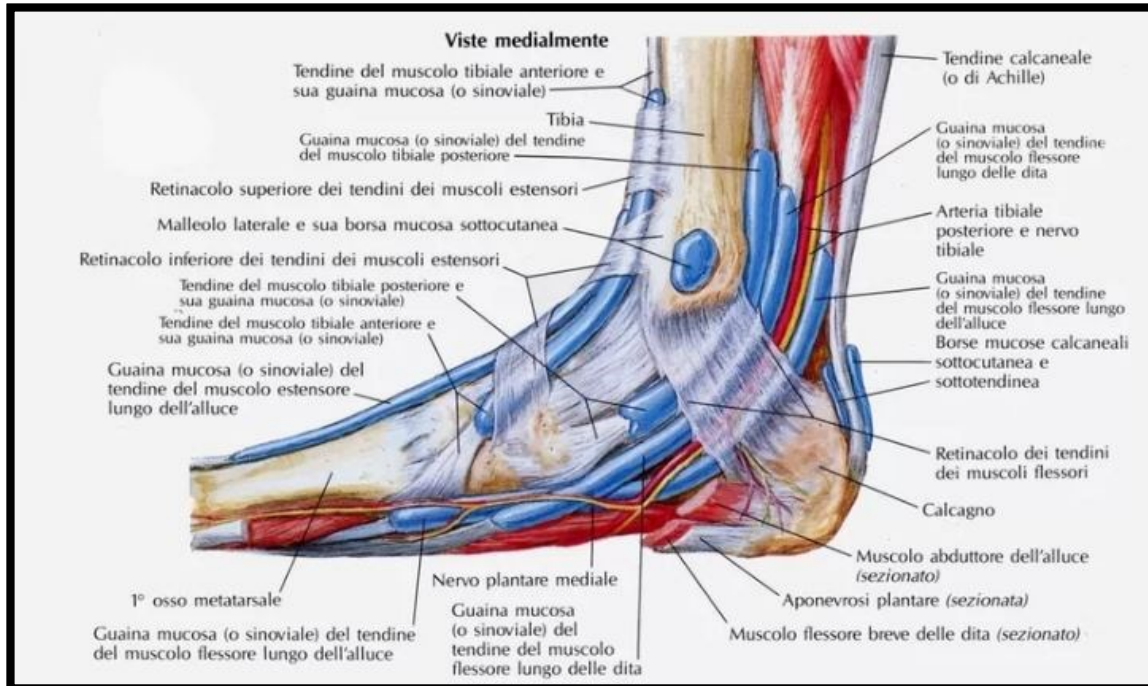


Figura 1.2: veduta mediale di una caviglia (47)

### 1.3. Vascolarizzazione e innervazione della caviglia

#### Versante arterioso

Il sangue arterioso viene trasportato all'arto inferiore per mezzo dell'arteria femorale. Dalla zona poplitea questa prosegue come arteria poplitea portandosi distalmente per dividersi nell'arteria tibiale anteriore e posteriore che si occupano della vascolarizzazione della caviglia. In particolare:

- L'arteria tibiale anteriore, a livello dell'articolazione tibiotarsica, passa a metà strada fra i due malleoli, dove emette rami secondari per le due superfici malleolari, rami muscolari e rami perforanti per l'irrorazione della cute. Continua poi sulla superficie dorsale come arteria dorsale del

piede. Quest'ultima emana l'arteria arcuata per poi dividersi nei suoi rami terminali.

- L'arteria tibiale posteriore decorre medialmente al tendine calcaneale e dà origine, oltre che a rami muscolari e perforanti, all'arteria peronea per poi suddividersi nei suoi due rami terminali ovvero l'arteria plantare mediale e laterale.

### **Versante venoso**

L'arto inferiore è caratterizzato dalla presenza di un sistema venoso superficiale e uno profondo. La componente profonda accompagna le ramificazioni arteriose e per tale motivo prendono il medesimo nome di esse. Infatti, dalle vene plantari si formano quelle tibiali anteriore e posteriore e quella fibulare. Infine, queste si continuano prossimalmente con la vena poplitea.

La parte superficiale invece consiste in una ricca rete di vasi che provengono dal dorso e dalla pianta del piede. Questi ultimi, in particolare, svolgono una funzione importantissima intervenendo in maniera sostanziale nella pompa venosa dell'arto inferiore, favorendo il ritorno del sangue verso il cuore.

### **Innervazione**

L'arto inferiore è innervato dal plesso lombosacrale. Nello specifico è il nervo sciatico, originante dal plesso sacrale, a innervare la gamba propriamente detta e il piede attraverso i suoi due rami terminali: i nervi tibiale e peroneo comune.

Il primo è un nervo misto che origina a partire dal nervo sciatico a livello della zona poplitea. Decorre medialmente per portarsi fino al malleolo omolaterale, passando al di dietro di quest'ultimo per poi dividersi, all'altezza del calcagno, nel nervo plantare mediale e laterale. Il nervo tibiale innerva tutti i muscoli posteriori, superficiali e profondi della gamba, mentre i suoi rami terminali si spartiscono l'innervazione del piede.

Il nervo peroneo comune è anch'esso un nervo misto da cui dipartono due diramazioni: il nervo peroneo superficiale e quello profondo. Il primo è misto e si occupa di innervare la loggia laterale (muscoli peroneo breve e peroneo lungo),

mentre il secondo è un nervo solo motore che decorre nella loggia anteriore innervando i muscoli anteriori della gamba.

## **CAPITOLO SECONDO**

### **BIOMECCANICA DELLA CAVIGLIA**

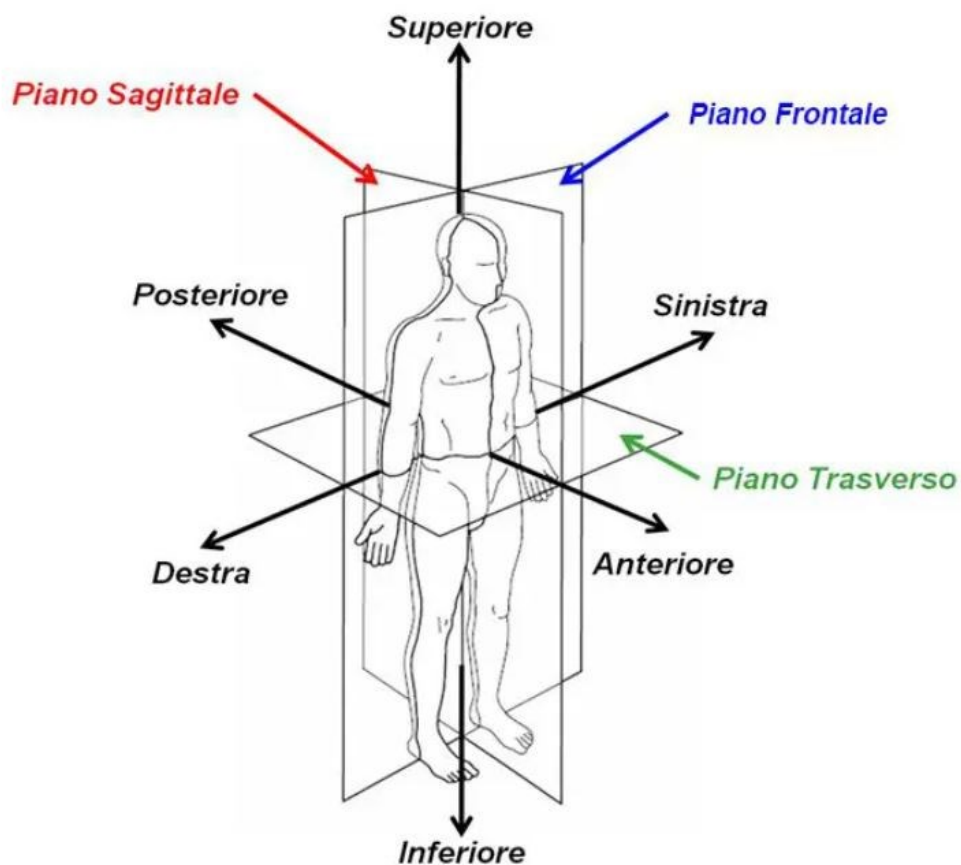
Per comprendere i meccanismi traumatici della distorsione di caviglia occorre prima valutare come questa agisca nella ripartizione del peso corporeo al piede, comprendere quali movimenti è in grado di eseguire e quali sono i range classificati come “fisiologici”, capire quali strutture intervengono nella stabilizzazione e la loro modalità di intervento.

Prima di analizzare nello specifico del distretto articolare oggetto di studio può essere utile una breve infarinatura iniziale che consenta di comprendere con maggiore semplicità i concetti che verranno spiegati di seguito. Nell'ambito della biomeccanica è fondamentale comprendere quali sono i piani e gli assi del corpo umano. Infatti i movimenti del nostro corpo avvengono proprio lungo i piani di movimenti e attorno agli assi di rotazione. I piani principali del corpo sono:

- Il piano sagittale, che divide il corpo in una parte destra e in una parte sinistra;
- Il piano frontale, che divide il corpo in una porzione anteriore e in una posteriore;
- Il piano trasversale, che divide il corpo in una parte superiore e in una parte inferiore;

Gli assi di movimento sono linee immaginarie che intersecano i rispettivi piani del corpo umano e possono essere considerati come i cardini di una porta attorno ai quali avviene il movimento. Essi sono:

- Asse longitudinale (o verticale): interseca il piano trasversale attraversando il corpo dall'alto verso il basso;
- Asse trasversale (o orizzontale): interseca il piano sagittale attraversando il corpo da destra verso sinistra;
- Asse sagittale (o antero-posteriore): interseca il piano frontale attraversando il corpo da davanti a dietro.

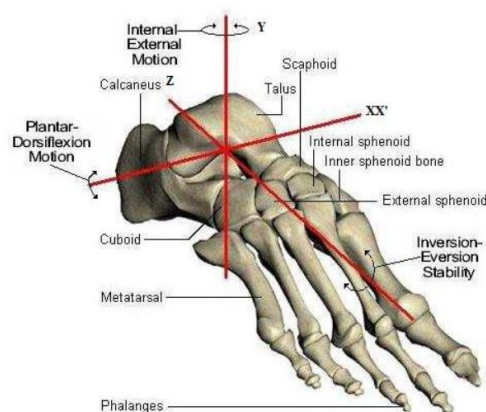


**Figura 2.1:** Assi e piani del corpo umano (48)

## **2.1. I movimenti della caviglia**

Come già anticipato nel capitolo precedente con il concetto di “caviglia” molto spesso si fa riferimento alla sola articolazione tibio-tarsica. Benché quest’ultima possa essere definita la regina delle articolazioni del retropiede (così come dichiarava Louis Hubert Farabeuf, medico e chirurgo francese) in realtà è solo parte di un complesso articolare che, nella sua totalità, può essere paragonato a una singola articolazione con tre gradi di libertà.





**Figura 2.2:** Assi di movimento del piede (49)

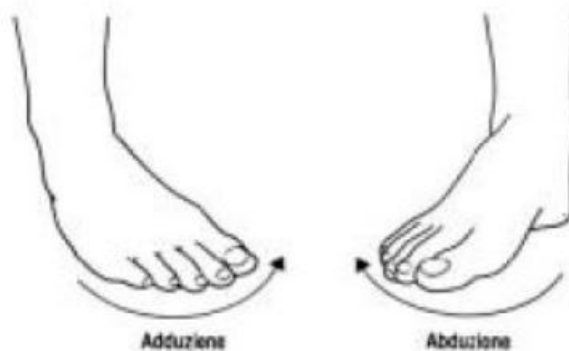
L'obiettivo principale è quello di permettere l'orientamento della volta plantare in tutte le direzioni, in modo tale che essa possa adattarsi alle caratteristiche del suolo. I 3 assi principali passanti a livello del retropiede sono:

- L'asse trasversale (asse X nella figura 2.2): corrisponde all'asse della tibio-tarsica, passante per i due malleoli, attorno al quale originano i movimenti di flessione-estensione del piede. Questi ultimi avvengono lungo il piano sagittale dove la caviglia può muoversi con un'ampiezza che varia dai 70 agli 80°. Infatti, l'estremità distale della tibia presenta uno sviluppo di circa 70° d'arco, mentre quello della troclea astragolica raggiunge i 140-150°. Il movimento di flessione (o flessione dorsale) consente di avvicinare il dorso del piede alla superficie della tibia: immaginiamo di voler camminare sui talloni e dunque di voler sollevare le punte, questo movimento comporta la formazione di un angolo acuto, fra asse della gamba e pianta del piede, che, fisiologicamente, varia fra i 20 e i 30°. Il movimento opposto prende invece il nome di estensione (o flessione plantare). Tale azione consente di allontanare il dorso del piede dalla faccia anteriore della gamba. Per focalizzare il movimento basta pensare alla classica posa delle ballerine. Durante l'esecuzione di tale movimento si crea un angolo ottuso (sempre fra dorso del piede e superficie anteriore della gamba) che fisiologicamente raggiunge un'ampiezza fra i 30 e i 50°.



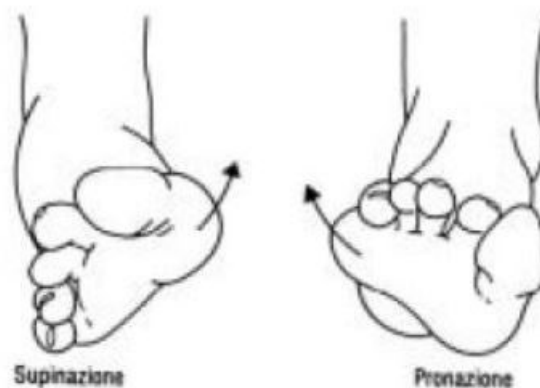
**Figura 2.3:** dorsiflessione e plantarflessione (50)

- L'asse longitudinale della gamba (asse Y nella figura 2.2): si tratta di un asse verticale attorno al quale avvengono i movimenti di adduzione-abduzione del piede, a loro volta favoriti dalla rotazione assiale del ginocchio. L'adduzione si verifica quando la punta del piede viene portata verso l'interno (ovvero verso il piano di simmetria del corpo), viceversa l'abduzione avviene in virtù di una rotazione della punta del piede verso l'esterno. L'ampiezza dei seguenti movimenti, eseguiti unicamente dal piede, varia dai 35° ai 45°;



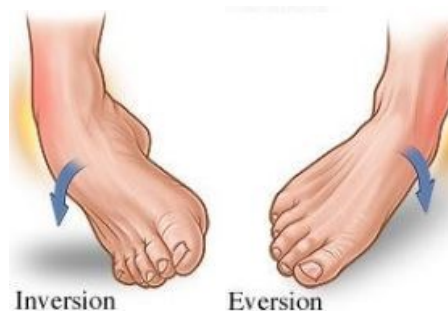
**Figura 2.4:** Adduzione e abduzione (49)

- L'asse longitudinale del piede (asse Z nella figura 2.2): favorisce la variazione di orientamento della pianta del piede e dunque i movimenti di supinazione e pronazione di quest'ultimo. Per comprendere meglio questi due movimenti immaginiamo per la supinazione di dover cercare di rivolgere la pianta del piede verso la caviglia opposta, mentre per la pronazione pensiamo di portare il malleolo mediale verso il suolo. Tali movimenti sono consentiti dalla conformazione delle articolazioni sottoastragalica e astragalo-calcaneo-navicolare.



**Figura 2.5:** *Supinazione e pronazione (49)*

In conclusione è opportuno definire quelli che, senza dubbio, possono essere classificati come i movimenti più complessi che questo distretto articolare può compiere ovvero i movimenti di inversione ed eversione. Si tratta di movimenti triplanari determinati dalla combinazione dei movimenti sopra descritti. In particolare nell'inversione si ha la combinazione di adduzione, flessione plantare e supinazione, mentre l'eversione è data dall'abduzione, dalla pronazione e dalla flessione dorsale.



**Figura 2.6:** *Movimenti di inversione ed eversione (51)*

## **2.2. La stabilità della caviglia**

I meccanismi che favoriscono la stabilità della caviglia si dividono in attivi e passivi. Fra i primi rientrano i muscoli e i tendini periarticolari, nei secondi, invece, vi rientrano l'apparato legamentoso e i fattori ossei (3).

### **Stabilità antero-posteriore**

Nel paragrafo precedente sono stati analizzati i movimenti della caviglia e i rispettivi range di azione. In particolar modo è stato evidenziato come la flessione della tibio-tarsica presenti un Range Of Motion (ROM) minore rispetto all'estensione. Questo è dovuto alla conformazione dei capi articolari: la troclea astragalica non risulta infatti essere centrata rispetto alla tibia, il suo sviluppo è maggiore posteriormente e ciò spiega la predominanza dell'estensione sulla flessione.

Quest'ultima è limitata dai seguenti fattori:

- Ossei: il fine corsa della flessione è determinato dal contatto fra la superficie superiore dell'astragalo e quella anteriore della tibia. Per evitare lo schiacciamento della parte anteriore della capsula questa viene tirata dalla muscolatura flessoria. Un movimento troppo violento di flessione può causare la rottura del collo dell'astragalo.
- Capsulo-legamentosi: posteriormente la capsula articolare e i legamenti posteriori si tendono durante l'avvicinamento del dorso del piede alla tibia. In particolar modo, a generare la tensione necessaria come freno del movimento, sono i fasci posteriori dei legamenti collaterale laterale e mediale.
- Muscolari: la resistenza principale al movimento di flessione è data dal tricipite surale che, attraverso il tendine d'Achille, si inserisce posteriormente sul calcagno. All'aumentare della retrazione di Soleo e Gastrocnemio infatti diminuisce l'escursione di movimento della tibio-tarsica in flessione.

A sua volta anche l'estensione è limitata da fattori:

- Ossei: la superficie posteriore della tibia entra in contatto con i tubercoli posteriori del talo. Anche in questo caso lo schiacciamento della capsula viene evitato attraverso l'azione dei muscoli estensori che agiscono in maniera analoga ai muscoli flessori visti precedentemente. L'iperestensione può causare fratture del tubercolo esterno dell'astragalo, anche se si tratta di una casistica rara.
- Capsulo-legamentosi: anche per queste componenti l'azione è uguale a quella vista durante la flessione. In questo caso però a tendersi sono i fasci anteriori della capsula e dei legamenti collaterale laterale e mediale.
- Muscolari: i muscoli della loggia anteriore sono i principali limitatori dell'estensione. Una retrazione della muscolatura della loggia anteriore determina una riduzione del range di movimento in estensione della tibio-tarsica.

Oltre agli elementi ossei (che fungono da barriera meccanica), ai muscoli e ai legamenti (che mantengono adesi i capi articolari rispettivamente in maniera attiva e passiva), a intervenire nella stabilizzazione della caviglia è la forza di gravità che mantiene l'astragalo sotto la superficie tibiale. Quest'ultima a sua volta, attraverso i rilievi anteriore e posteriore, impedirà lo scivolamento della troclea in avanti e all'indietro.

### **Stabilità trasversale**

L'elevata stabilità in senso medio-laterale dell'articolazione tibio-tarsica è fornita principalmente dalla conformazione della stessa. Infatti, come già descritto nel capitolo inerente l'anatomia, la troclea dell'astragalo si inserisce fra i due malleoli che lo trattengono lateralmente. Inoltre a intervenire per mantenere la distanza intramalleolare sono i legamenti tibio-peroneali inferiori, la membrana interossea e i potenti apparati legamentosi laterale e mediale. Movimenti eccessivi e forzati di abduzione possono portare ad una rottura dei legamenti tibio-fibulari e la conseguente creazione di uno spazio maggiore fra i due malleoli. Il talo in quest'ultimo caso è libero di spostarsi sia in senso laterale che

attraverso rotazioni attorno al proprio asse longitudinale (creando in tal modo instabilità). Il segreto dunque alla base della stabilità di questa articolazione è il mantenimento della corretta distanza fra tibia e perone.

Gli stabilizzatori attivi della caviglia sono medialmente il muscolo tibiale, posteriore, il flessore comune delle dita e lungo dell'alluce, lateralmente i muscoli peronei breve e lungo.

Durante il movimento di dorsiflessione la caviglia presenta una maggiore stabilità trasversale in quanto il talo è più ampio anteriormente e questo consente, durante il movimento appena citato, un adattamento più stretto della pinza malleolare (2).

### **Fattori neuroanatomici della stabilità**

La stabilità dell'intero complesso articolare è influenzata non solo da fattori anatomico-meccanici, ma anche da una componente neuroanatomica.

Quest'ultima può essere definita come una sorta di controller centrale che sfrutta diversi segnali provenienti dall'esterno e dall'interno del nostro corpo per garantire una corretta postura e dunque, nel nostro caso specifico, la stabilità necessaria. I principali sistemi che intervengono in questo processo sono:

- Apparato visivo: il sistema visivo ci fornisce informazioni in merito al nostro corpo e al rapporto che esso ha con il mondo esterno (dove siamo, dove sono gli oggetti che ci circondano...)
- Apparato vestibolare: posizionato nell'orecchio interno e costituito da un insieme di recettori che forniscono informazioni circa la posizione della testa e il suo movimento (accelerazione lineare e angolare);
- Sistema propriocettivo (SP): costituito da recettori periferici detti propriocettori presenti sui muscoli (fusi neuromuscolari), nelle articolazioni (organi tendinei del Golgi e recettori delle capsule articolari) e nella cute (termocettori e nocicettori cutanei) che hanno la funzione di segnalare istante per istante i movimenti che l'organismo sta compiendo

e specificando in tempo reale i parametri biomeccanici del movimento e i parametri fisiologici riguardanti i cambiamenti biologici dei muscoli, dei tendini e delle articolazioni in relazione al movimento effettuato.

### **Cosa ci dice l'evidenza scientifica? (46)**

Una review del 2010 ha indagato il ruolo dei fattori ossei e legamentosi nella stabilità di caviglia e come un danno a queste strutture possa determinare una condizione di instabilità.

In particolar modo nell'articolo viene evidenziato come, nel processo di stabilizzazione, la conformazione dell'articolazione tibio-tarsica svolge un ruolo fondamentale. A questo processo, descritto anche nel paragrafo precedente, contribuisce però anche l'aspetto concavo-convesso delle superfici articolari dell'astragalo e dei due malleoli. Inoltre dalla revisione si evince anche l'importanza dell'apparato legamentoso sub-talare che interviene nel favorire la stabilità nei movimenti rotatori che tale articolazione consente. Nello specifico:

- il legamento talo-calcaneare antero-laterale, che prende anche il nome di legamento cervicale, è il primo stabilizzatore durante il movimento di supinazione;
- Quando la supinazione è accentuata viene coinvolto maggiormente anche il legamento interosseo;
- Infine se il movimento è completato da una flessione plantare (determinando dunque un inversione) viene coinvolto come stabilizzatore anche il legamento talo-fibulare anteriore.

Nella presente pubblicazione viene riportata anche l'importanza dei muscoli e dei tendini nella stabilizzazione dell'intero complesso articolare, confermando dunque quanto sopra descritto.

Per quanto concerne il danno alle strutture legamentose nell'articolo viene riferito che:

- Nelle distorsioni in inversione (le più comuni) le prime strutture ad andare incontro a danneggiamento sono i legamenti cervicale e talo-fibulare. A questi possono associarsi, in base alla gravità della distorsione, anche danni ai tendini, alla capsula articolare e alle strutture nervose.
- Il danneggiamento delle strutture laterali o mediali dipende dalla direzione della rotazione e può causare impingement fibroso;
- Un'eccessiva e forzata flessione plantare può causare danni alle fibre anteriori dei legamenti collaterali mediali e laterali, oltre che alla porzione anteriore della capsula articolare.

Infine è stato analizzato il concetto di instabilità e i fattori ad essa legati.

Quest'ultima, sulla base della letteratura in esame, può essere classificata come instabilità meccanica (legata ad alterazioni a livello anatomico) e instabilità funzionale (dovuta invece a deficit posturali e conseguenti variazioni a livello muscolo-tendineo). La prima può dunque essere legata:

- Ad alterazioni morfologiche dell'apparato scheletrico, per esempio ad una cupola astragalica più ampia oppure ad una posizione più anteriore dell'astragalo rispetto alla tibia;
- Ad alterazioni a livello legamentoso non legate necessariamente a precedenti infortuni, pensiamo per esempio ad una situazione di iperlassità legamentosa congenita.

L'instabilità funzionale può essere invece determinata da:

- una minore efficienza da parte del sistema propriocettivo;
- un maggior tempo di risposta da parte della muscolatura;
- un assetto posturale atipico, per esempio un atteggiamento di piede varo.



## CAPITOLO TERZO

### LE DISTORSIONI DI CAVIGLIA

In questo capitolo si approfondiranno le distorsioni di caviglia, descrivendo la tipologia di infortunio e le modalità nelle quali queste si possono presentare e analizzando i dati epidemiologici e introducendo i possibili trattamenti post-trauma.

#### **3.1. Descrizione e classificazione**

Le distorsioni capsulo-legamentose rientrano fra le principali patologie traumatiche in ambito sportivo. Con il termine distorsione si fa riferimento all'insieme di lesioni che possono avvenire quando i capi ossei articolari vengono sollecitati oltre il loro range di movimento fisiologico. La conseguenza di tali sollecitazioni è una sovradistensione dell'apparato capsulo-legamentoso che può determinare lacerazioni parziali o totali della capsula articolare, dei legamenti o dei tendini.

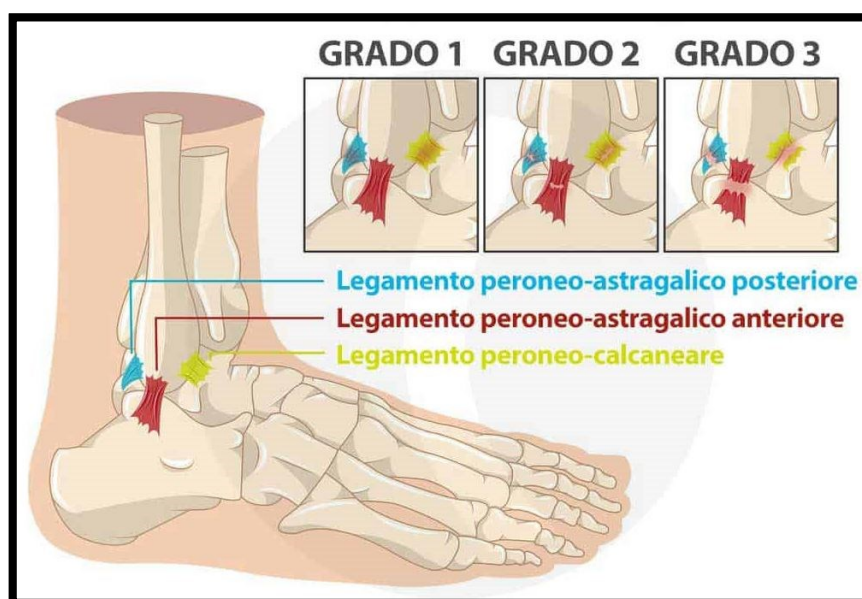
Nello specifico per quanto concerne la caviglia questa può andare in contro a due principali meccanismi traumatici.

- **Distorsione in inversione:** il movimento di inversione deriva da una combinazione dei movimenti di supinazione e adduzione del piede. Si tratta del meccanismo di distorsione più frequente e ciò è giustificato da diversi fattori, ossia la maggior lunghezza del malleolo peroneale rispetto al tibiale, la maggior robustezza del legamento deltoideo, la maggior frequenza negli atleti del piede cavo-supinato rispetto al piede piatto-pronato (5).  
Durante un eccessivo movimento in inversione il primo legamento ad andare in contro a lesione è, nella maggior parte dei casi, il peroneo-astragalico anteriore (PAA). Se l'intensità del gesto aumenta ulteriormente possono essere colpiti anche i legamenti peroneo-calcaneare (PC) e peroneo-astragalico posteriore (PAS).
- **Distorsione in eversione:** un movimento di abduzione in pronazione permette di raggiungere la posizione di eversione. Si tratta di un trauma

distorsivo più raro che causa in primo luogo la frattura del malleolo esterno (peroneale). Esso infatti presenta una lunghezza maggiore del corrispettivo malleolo mediale e ciò consente di proteggere il legamento deltoideo dalla lesione parziale o totale.

La distorsione di caviglia può essere classificata a seconda della gravità dei danni da essa derivanti:

- Grado 1°: l'apparato legamentoso va in contro ad uno stiramento e non risultano esserci lacerazioni a carico dei legamenti. È possibile notare un lieve gonfiore e dolore alla palpazione sulle strutture interessate. Ne risulta una piccola perdita di funzionalità e l'assenza di instabilità articolare.
- Grado 2°: lacerazione parziale del legamento con dolore spontaneo moderato e lieve gonfiore. La perdita di funzionalità e l'instabilità articolare derivanti possono essere da lievi a moderate (proporzionate al numero di fibre lesionate).
- Grado 3°: rottura completa del legamento con elevato gonfiore e dolore alla palpazione. Elevata perdita di funzionalità e grave instabilità. Inoltre il soggetto infortunato non riesce a caricare il peso corporeo sull'arto interessato.



**Figura 3.1:** I gradi di distorsione della caviglia (52)

### **3.2. Fattori di rischio**

Occorre specificare che nel trattare i fattori di rischio delle distorsioni di caviglia verrà mantenuto un approccio volutamente generico dunque facendo riferimento allo sport in senso globale. Questo è dovuto al fatto che i dati presenti attualmente in letteratura scientifica non sono sufficienti per analizzare questo argomento in modo specifico e risulta dunque impossibile fare riferimento esclusivamente al calcio a 5.

Nel definire quali sono i fattori che possono portare un soggetto, sia esso un'atleta oppure no, ad una maggiore predisposizione dei meccanismi distorsivi occorre analizzare quanto ci riferisce la letteratura scientifica. Diversi autori nell'analizzare i cosiddetti fattori predisponenti sono soliti utilizzare la classificazione proposta da Williams (23) in cui questi vengono suddivisi in due categorie: intrinseci ed estrinseci.

Fra i primi vi rientrano tutti quei fattori di rischio collegati alle caratteristiche individuali del soggetto.

- Età: secondo Bridgman et al (6) e Waterman et al (7) il tasso di incidenza delle lesioni da distorsione di caviglia (IR) presenta un picco nelle donne fra i 10 e i 14 anni, mentre negli uomini il picco sembrerebbe presentarsi fra i 15 e i 19 anni.
- Sesso: sempre Waterman et al (7) hanno dimostrato che l'IR delle distorsioni di caviglia non sembra presentare differenze evidenti fra maschi e femmine. Tale teoria è stata supportata da un recente studio epidemiologico (8) che ha confermato l'assenza di differenze sostanziali tra uomini e donne nell'indice di incidenza delle distorsioni di caviglia.
- Composizione corporea: in accordo con quanto riscontrato da Tyler et al (9) e da Gribble et al (10) un maggiore indice di massa corporea (BMI) sembra essere particolarmente correlato a un maggior rischio di distorsione.
- Storia dei precedenti infortuni: diversi autori (8-10) hanno dimostrato come un precedente trauma distorsivo sia uno dei principali fattori

predittivi di una successiva distorsione di caviglia. Nello specifico sembrerebbe che tale infortunio sia il più soggetto a recidive fra le lesioni muscolo-scheletriche degli arti inferiori (11).

- Forza dei muscoli stabilizzatori della caviglia: Fousekis et al (12) hanno notato come uno squilibrio di forza fra i muscoli flessori ed estensori della caviglia aumentano l'IR delle distorsioni di caviglia.
- Oscillazione posturale: durante il mantenimento della postura eretta il nostro baricentro va incontro a continue oscillazioni. Lo scopo dei seguenti studi (13-15) è stato quello di capire se per gli atleti con una maggiore oscillazione del centro di gravità corrispondesse anche un maggior rischio di incorrere in distorsioni di caviglia. Utilizzando metodi diversi di misurazione (pedana di forza nel primo caso, test di equilibrio nel secondo e pedana stabilometrica nel terzo) in tutti e tre i casi si è giunti alla medesima conclusione, ovvero dell'esistenza di una correlazione positiva fra oscillazioni posturali maggiori ed episodi distorsivi.
- Conformazione anatomica del piede: in letteratura vi sono ancora molte incertezze circa la correlazione fra conformazione del piede (cavo, piatto o neutro) e distorsioni di caviglia. Nello specifico secondo Dahle et al (16) la conformazione anatomica del piede presenta una relazione con dolori all'articolazione del ginocchio, ma non con l'infortunio oggetto della presente tesi.
- Lassità articolare: anche per quanto concerne questo tema in letteratura vi sono risultati contrastanti. Per esempio Glick et al (17) hanno notato come un maggiore tilt dell'astragalo fosse correlato ad una maggiore incidenza delle distorsioni, ipotesi confermata da Beynnon et al (18). Tuttavia alcuni studi non sono stati in grado di verificare tale correlazione, per questo motivo si ritiene siano necessari ulteriori approfondimenti in futuro.

Oltre ai fattori sopra descritti ve ne sono anche altri che, come già anticipato prendono il nome di estrinseci in quanto legati all'ambiente esterno.

- Tipologia della calzatura: in questo senso si sono svolti diversi studi per indagare un'eventuale correlazione positiva tra diverse tipologie di scarpe e un maggiore IR delle distorsioni. La maggior parte di tali studi non ha individuato differenze fra le diverse tipologie di calzature indossate. In particolare secondo Barrett et al (19) questa mancata correlazione potrebbe essere legata ad un campione di soggetti troppo piccolo. Sarebbero dunque necessari ulteriori approfondimenti per capire se particolari tipologie di scarpe (per esempio calzature che limitano la mobilità) determinino un maggior rischio di distorsione.
- Posizione dell'atleta nel campo da gioco: purtroppo, come già specificato all'inizio del capitolo, anche per questo fattore attualmente in letteratura non vi sono ricerche specifiche per il calcio a 5. Nonostante ciò ve ne sono alcune che hanno indagato questo parametro in altri sport. Nello specifico Ekstrand et al (20) nel calcio e Sitler et al (21) nel basket non hanno individuato differenze nel rischio di distorsione di caviglia fra le diverse posizioni di gioco.
- Tipologia di sport praticato: Doherty et al (22) nel loro studio hanno dimostrato come gli atleti praticanti sport indoor (di cui il calcio a 5 è un esempio) presentano un indice di incidenza maggiore delle distorsioni di caviglia rispetto agli sport praticati all'esterno (outdoor).

### **3.3. *Epidemiologia***

In questo paragrafo, a differenza di quello precedente, si farà riferimento al solo calcio a 5, riportando quanto rilevato da Lindenfeld et al (24) nel loro studio epidemiologico. Il loro scopo era quello di analizzare le diverse tipologie di infortunio in questa disciplina. La maggior parte di questi sembrerebbe essere legata ad un contrasto di gioco (31%). Fra tutte le tipologie di infortunio riscontrare le distorsioni e le contusioni muscolari sembrerebbero le più frequenti. Inoltre all'interno della popolazione da loro analizzata il 23% degli infortuni riguardava la caviglia (parte del corpo maggiormente soggetta a infortuni assieme all'articolazione del ginocchio).

### **3.4. *Trattamento***

In conclusione è opportuno discutere di come molto spesso vengono affrontate le distorsioni di caviglia nello sport, introducendo così quello che sarà l'ultimo, nonché principale, capitolo.

È evidente come il trattamento eseguito dal personale medico-sportivo varia a seconda della gravità dell'episodio distorsivo. Tuttavia, normalmente, il primo intervento (quello effettuato sul campo) è una costante. Esso infatti consiste nel protocollo PRICE (Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation). In seguito si procede con gli esami più accurati, eseguiti dal solo personale medico per definire il grado della lesione. Nel caso in cui quest'ultima risulti essere classificata come "grave" viene effettuata anche una radiografia per escludere la presenza di fratture delle strutture ossee. A questo punto inizia il vero e proprio percorso riabilitativo che, nel caso in cui la distorsione sia classificata pari o inferiore al secondo grado, è di tipo conservativo:

- Fase acuta: normalmente ha una durata che varia da 6 o 7 giorni a seconda della gravità del trauma. Si tratta di una fase di controllo nella quale si cerca di capire la risposta articolare all'infortunio. Gli obiettivi di questa fase sono quelli di ridurre il versamento ematico e il gonfiore. Per tale motivo si continua ad applicare il protocollo PRICE. Nello specifico la protezione ("protection") e il riposo ("rest") hanno lo scopo di evitare che eventuali sollecitazioni rallentino il processo di risposta tissutale al danno, mentre l'applicazione di ghiaccio ("ice"), la compressione attraverso un bendaggio ("compression") e l'elevazione dell'arto ("elevation") hanno l'obiettivo di ridurre il dolore e diminuire lo stravasamento ematico per impedire la formazione di ematomi che potrebbero rallentare il processo di guarigione.
- Fase di carico parziale: il fine ultimo di questa è la ripresa graduale della funzionalità sempre in base alla gravità della distorsione. A tal proposito vengono di norma effettuati degli esercizi di mobilizzazione per cercare di recuperare il ROM articolare (prima in flesso-estensione e poi in prono-supinazione). Quest'ultimi verranno eseguiti in un primo momento

in maniera passiva per poi passare ad un'esecuzione attiva in scarico e, infine, concludere questa fase con un carico parziale,

Da un punto di vista fisioterapico molto spesso si ricorre alla tecarterapia con l'intento di ridurre il dolore e favorire i processi di riparazione dei tessuti. Infine a quest'ultima possono anche essere affiancate alcune sedute di idrokinesiterapia.

- Fase di carico totale: l'obiettivo primario e fondamentale è quello di ristabilire una corretta ed equilibrata deambulazione, oltre che quello di provvedere al recupero della forza muscolare, dell'equilibrio articolare e del rapporto piede-suolo. Gli esercizi di rinforzo, che devono riguardare non solo i muscoli agenti sulla caviglia ma l'intero arto inferiore, vengono eseguiti sfruttando il proprio peso corporeo. Inoltre a quest'ultimi dovrebbero essere sempre affiancati esercizi propriocettivi.

Le proposte che possono essere eseguite durante queste ultime due fasi del recupero verranno approfondite nel capitolo successivo.

Quando la lesione capsulo-legamentosa è grave (3° grado di distorsione), o quando la terapia conservativa non è sufficiente per favorire il ritorno ad uno stile di vita attivo e indolore, il soggetto interessato viene sottoposto ad un intervento chirurgico. La tecnica maggiormente utilizzata per la riparazione legamentosa è la sutura diretta del legamento mediante l'utilizzo di ancore riassorbibili o metalliche e il reinserimento all'osso. Il trattamento riabilitativo post chirurgico viene normalmente impostato in modo analogo a quello conservativo, chiaramente i tempi di recupero sono maggiori in questo caso: la fase acuta sarà caratterizzata dalla presenza di un tutore gessato per proteggere l'intervento effettuato e favorire il processo di cicatrizzazione, mentre le fasi successive a quella acuta rimangono invariate rispetto a quanto sopra elencato (dunque gli obiettivi rimangono il recupero articolare, il rinforzo muscolare e la riattivazione propriocettiva).

## **CAPITOLO QUARTO**

### **L'ALLENAMENTO NEUROMUSCOLARE**

Nel corso di quest'ultimo capitolo si parlerà dell'allenamento neuromuscolare cercando di carpire quante più informazioni possibili dalla letteratura scientifica e dunque di capire se quest'ultimo possa essere valido al fine di prevenire l'infortunio degli atleti e migliorare la performance sportiva. Prima di fare ciò è stata inserita, nel paragrafo successivo, un'indagine sul territorio. Infine, al termine di questo capitolo, verrà inserita una proposta operativa, ovvero una programmazione contenente esercizi da applicare in seguito ad una distorsione per favorire un efficace e graduale ritorno in campo dei giocatori di calcio a 5.

L'allenamento neuromuscolare può essere definito come un programma di allenamento che incorpora esercizi di forza generale e sport-specifica e attività di condizionamento, come resistenza, stabilità dinamica, equilibrio, allenamento del core, esercizi pliometrici e di stabilità con l'obiettivo di migliorare la forma fisica correlata alla salute, incrementare la performance e prevenire gli infortuni (25).

#### ***4.1. Indagine sul territorio***

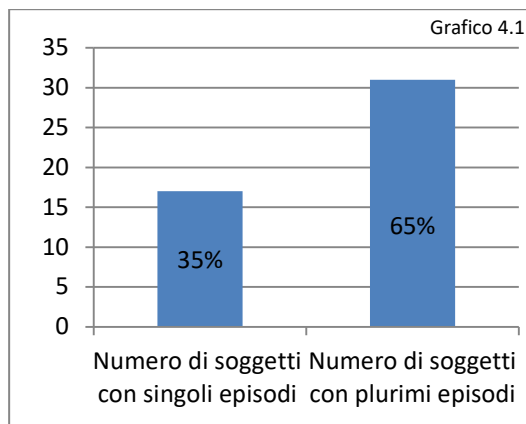
L'idea alla base di questa indagine è quella di capire, attraverso una breve intervista, quali sono le strategie preventive e/o riabilitative attuate dai giocatori di calcio a 5 con una storia di una o più distorsioni di caviglia. A tal proposito ho somministrato, per ciascun atleta, 4 semplici domande:

- “A quante distorsioni di caviglia sei andato in contro e qual è stata la loro gravità?”;
- “Quali sono state le modalità di infortunio?”;
- “Quante tempo hai impiegato per tornare a giocare/allenarti?”;
- “Che cosa hai fatto per recuperare dall'infortunio?”.

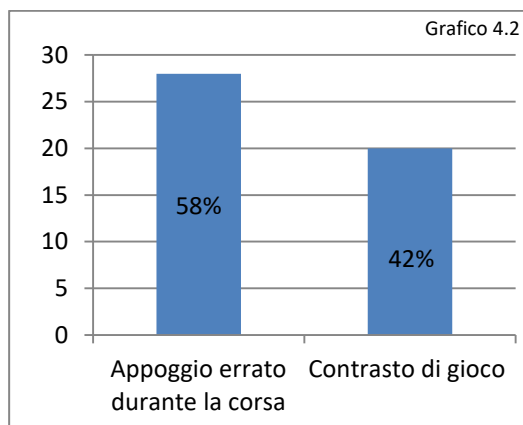
Il numero di atleti intervistati è pari a 48, tutti praticanti calcio a 5 in squadre del territorio (province di Padova, Treviso, Venezia e Vicenza). Dall'intervista effettuata con ciascuno di essi è emerso quanto riportato di seguito.



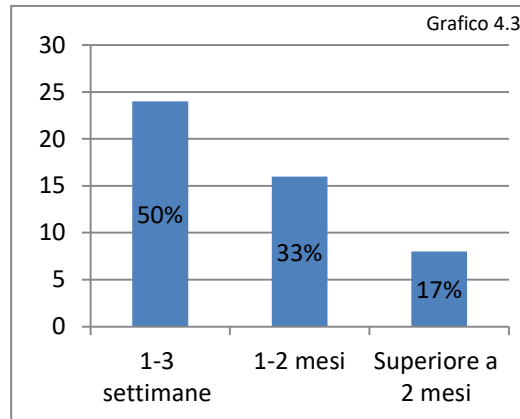
Come si evince dal grafico 4.1 circa 2/3 dei soggetti intervistati sono andati incontro a recidive nel corso della loro carriera, mentre i restanti hanno avuto un singolo episodio distorsivo senza recidive.



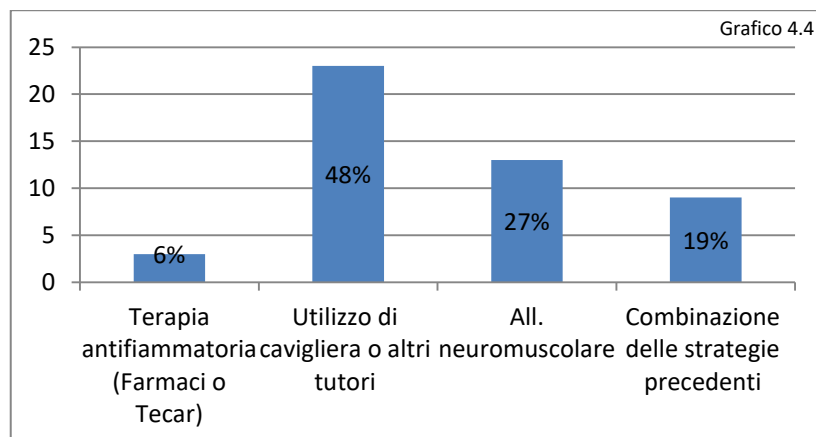
Nel grafico 4.2 si nota invece che in più della metà dei casi (58%) la distorsione è legata ad uno scorretto appoggio durante la corsa e dunque questa modalità di infortunio supera, per frequenza, quella legata ad un contrasto di gioco.



I tempi di recupero, rappresentati nel grafico 4.3, si sono dimostrati inferiori alle 3 settimane nella metà delle casistiche. L'infortunio ha richiesto un tempo di recupero compreso fra 1 e 2 mesi nel 33% dei casi, mentre sono poche le distorsioni che hanno richiesto un tempo di recupero superiore ai 2 mesi.



Infine nell'ultimo grafico (4.4) sono stati riassunti i dati raccolti in merito alle strategie riabilitative attuate dai soggetti. Quasi la metà dei soggetti ha optato per una cavigliera o simili, mentre solo il 28% (meno di 1/3) ha eseguito delle sedute di allenamento neuromuscolare. In pochi hanno optato per la sola terapia antinfiammatoria e alcuni hanno preferito una strategia più globale incorporando le diverse modalità sopra citate.



Attraverso questa breve indagine si può intuire come nel calcio a 5 siano frequenti gli episodi distorsivi. Nella maggior parte dei casi questi sono di I grado e richiedono dunque un breve tempo di recupero, tuttavia si possono anche presentare con gravità maggiori e la necessità di tempistiche maggiori per tornare a giocare (grafico 4.3).

Inoltre i dati dimostrano come potrebbe essere utile implementare delle sedute mirate a migliorare la stabilità della caviglia in quanto nella maggior parte dei casi le distorsioni sono avvenute durante la corsa (grafico 4.2).

Infine è possibile notare che molto spesso la strategia riabilitativa attuata è l'utilizzo di cavigliera e simili. Lo scopo della ricerca scientifica del prossimo paragrafo sarà quello di capire se l'allenamento neuromuscolare possa sostituire quest'ultima in termini di efficacia ed efficienza.

I limiti di questa indagine sono rappresentati dalla mancanza di un maggior numero di soggetti a cui sottoporre l'intervista e l'impossibilità di avere informazioni aggiuntive relative allo stato degli atleti (per esempio sulla forza della muscolatura stabilizzatrice).

### **Un caso specifico**

Nel corso delle interviste effettuate ai vari atleti è emerso il caso del calciatore V.C., giocatore militante nella serie C2 di calcio a 5. Egli ha raccontato che nel corso di una partita, in seguito ad un contrasto, è atterrato in modo scorretto sul terreno di gioco causando una distorsione in inversione. Il protocollo riabilitativo che V.C. ha seguito è il seguente:

- Nella prima settimana è stato applicato il protocollo PRICE;
- Nella seconda settimana ha avuto inizio la fase di recupero della mobilità con intervento manuale da parte del fisioterapista. Inoltre sono stati proposti alcuni esercizi propriocettivi in scarico (da seduto, far ruotare una pallina o un bastone sotto al piede);
- Nella terza settimana sono state inserite proposte per il recupero della forza quali movimenti di spinta del piede contro una resistenza inamovibile. Inoltre sono stati anche proposti alcuni esercizi eseguiti su un tappeto elastico (per esempio spostare l'appoggio da una gamba all'altra). Infine durante questa settimana sono stati eseguiti anche esercizi propriocettivi in carico con l'utilizzo del bosu.
- A partire dalla quarta settimana V.C. è rientrato a svolgere i regolari allenamenti con la squadra.

Il protocollo riabilitativo di questo giocatore si è rivelato abbastanza interessante, non solo perché si può definire completo, ma anche perché il giocatore, negli anni a venire, non è più andato incontro a episodi distorsivi di seria rilevanza.

## 4.2. Analisi della letteratura

<b>Autori</b>	<b>Anno</b>	<b>Obbiettivo</b>	<b>Approccio</b>	<b>N° sog</b>	<b>Risultati</b>
<b>H. Tropp,</b> <b>C. Askling,</b> <b>J. Gillquist</b> <b>(26)</b>	1985	Valutare l'efficacia di due metodologie per la prevenzione delle distorsioni di caviglia nei calciatori: allenamento coordinativo e utilizzo di un tutore	3 gruppi: 2 di intervento e 1 di controllo. Al primo gruppo di intervento è stato affidato un programma di allenamento dell'equilibrio con disco (10 minuti al giorno per 5 volte a settimana), mentre al secondo è stato consegnato un tutore da portare nel corso della stagione	450	L'allenamento con la tavoletta ha dimostrato che può essere paragonato, in termini di efficacia, all'utilizzo di un tutore
<b>Carrie L. Docherty</b> <b>Josef H. Moore</b> <b>Brent L. Arnold,</b> <b>(27)</b>	1998	Valutare l'effetto di un allenamento di forza sullo sviluppo della forza e della propriocezione in soggetti con instabilità di caviglia	6 settimane di TheraBand Tubing Resistive Exerciser, con valutazione della forza e della propriocezione	20	Il protocollo scelto produce miglioramenti nella forza, nella propriocezione in inversione, dorsiflessione e plantarflexione
<b>E. Holmel,</b> <b>S. P. Magnuson*</b> , <b>K. Beeher**</b> <b>T. Bieler;</b> <b>P. Aagaard ,</b> <b>M. Kjarr</b> <b>(28)</b>	1999	Valutare l'effetto di una riabilitazione controllata sulla forza, la propriocezione, le oscillazioni posturali e il rischio di re-infortunio dopo una distorsione di caviglia	Protocollo di esercizi basati soprattutto sull'equilibrio con misurazione dei parametri interessati dopo 6 settimane e 4 mesi dall'infortunio	92	Non sono state misurate sostanziali differenze fra il gruppo di intervento e quello di controllo per quanto concerne la forza isometrica e il controllo posturale. Il tasso di re-infortunio dimostra un'importante differenza fra il gruppo di intervento (7%) e quello di controllo (29%)
<b>E. Verhagen,</b> <b>W. van Mechelen</b> ,	2000	Revisione critica della letteratura per comprendere l'efficacia delle misure preventive nell'incidenza delle distorsioni di caviglia	Sono stati identificati 8 articoli rilevanti per la revisione.		L'utilizzo di tutori, delle tecniche di taping e dell'allenamento propriocettivo si sono dimostrati metodi efficaci

<b>W. de Vente,</b>  <b>(29)</b>					per la prevenzione delle distorsioni di caviglia. In particolare i tutori sembrerebbero più efficace del tape. Inoltre l'allenamento propriocettivo è risultato efficace sia in soggetti con una storia di precedenti infortuni che in quelli senza precedenti distorsioni, a differenza dei tutori che sembrerebbero efficace solo per i primi.
<b>R. S. Heidt, Jr.</b>  <b>L. M. Sweeterman,</b>  <b>R. L. Carlonas,</b>  <b>J. A. Traub,</b>  <b>F. X. Tekulve</b>  <b>(30)</b>	2000	Valutare l'effetto di un condizionamento nella fase di preseason sul tasso di infortunio delle calciatrici	Programma di 7 settimane (20 sedute totali) comprendente: allenamento cardiovascolare sport-specifico, esercizi pliometrici e con la corda, esercizi di forza e di flessibilità (Frappier Acceleration Training Program)	300	Nel gruppo sperimentale è stato evidenziato una sostanziale diminuzione degli infortuni, fra cui anche quelli riguardanti la caviglia.
<b>P. Malliou,</b>  <b>A. Gioftsidou,</b>  <b>G. Pafis,</b>  <b>A. Beneka</b>  <b>G. Godolias</b>  <b>(31)</b>	2004	Effetto di un programma di allenamento propriocettivo sull'equilibrio e sul rischio di infortunio degli arti inferiori dei calciatori	Il gruppo sperimentale ha eseguito allenamenti propriocettivi di 20 minuti ripetuti 2 volte a settimana per l'intera stagione. Le misurazioni della capacità di equilibrio sono state effettuate prima e dopo la stagione sportiva attraverso il "Biodex Stability System".	100	I risultati hanno evidenziato un incremento a livello propriocettivo per i soggetti del gruppo sperimentale. Inoltre in quest'ultimi sono diminuiti gli episodi di infortunio, soprattutto per quanto riguarda le distorsioni di caviglia e gli infortuni al

					ginocchio
<b>T. A. McGuine,</b> <b>J.S. Keene</b> <b>(32)</b>	2006	Determinare se un programma di allenamento per l'equilibrio introdotto durante la fase di preseason e mantenuto durante la stagione può ridurre il rischio di distorsioni di caviglia negli studenti	Un programma di esercizi progressivi che inizia 4 settimane prima dell'inizio della stagione per poi essere mantenuto per tutta a stagione. 3 sedute a settimana di 10 minuti ciascuna.	765	Diminuzione del tasso di infortunio per distorsione di caviglia del 38%
<b>F. Mohamm ad</b> <b>(33)</b>	2007	Investigare su quale intervento fra allenamento propriocettivo, allenamento della forza e utilizzo di un tutore sia il più efficace nel prevenire la ricorrenza delle distorsioni di caviglia nei giocatori di calcio	Suddivisione in 4 gruppi (20 giocatori per gruppo). Al primo è stato assegnato un programma di allenamento propriocettivo: 30 minuti al giorno di esercizio su disco propriocettivo. Il secondo gruppo ha effettuato allenamento di forza per i muscoli della caviglia: 10 serie da 20 ripetizioni. Ai soggetti del terzo gruppo è stato affidato un tutore da indossare agli allenamenti e alle partite. Infine il quarto gruppo era quello di controllo (nessun intervento)	80	L'allenamento propriocettivo si è dimostrato il più efficace nel prevenire il re-infortunio dei calciatori. L'allenamento della forza e l'utilizzo di tutori hanno diminuito il numero di ricadute anche se non in maniera molto evidente rispetto al gruppo di controllo. Questo potrebbe essere dovuto alla scarsa numerosità dei gruppi sperimentali.
<b>S. A. Hale,</b> <b>J. Hertel</b> <b>L.C. Olmsted-Kramer</b> <b>(34)</b>	2007	Valutare gli effetti di un programma riabilitativo di 4 settimane sul controllo posturale e la funzionalità dell'arto inferiori in soggetti con instabilità cronica di caviglia	Protocollo di allenamento di circa 30 minuti da ripetere 5 volte a settimana costituito da esercizi di flessibilità, forza ed equilibrio. Misurazioni prima e dopo il programma di: controllo posturale (attraverso lo "Star Excursion Balance Test" e degli spostamenti del centro di pressione misurati mediante	48	I test finali hanno dimostrato un incremento della funzionalità dell'arto inferiore e dunque un maggior punteggio nei due questionari. Inoltre è stato riscontrato un miglioramento anche nello "Star Excursion Balance Test" e nella misurazione degli spostamenti del centro di

			pedana di forza) e della funzionalità attraverso i questionari "FADI" e "FADI-sport"		pressione e dunque un maggior controllo posturale.
<b>D. J. Kidgell,</b> <b>D. M. Horvath,</b> <b>B. M. Jackson,</b> <b>P. J. Seymour</b> <b>(35)</b>	2007	Valutare l'efficacia di due protocolli di allenamento per l'equilibrio sul controllo posturale di soggetti con instabilità di caviglia. Il primo protocollo basato sull'utilizzo di un disco propriocettivo e l'altro sull'utilizzo di un mini-trampolino	Misurazione dei movimenti del centro di pressione attraverso pedana di forza prima e dopo i programmi di allenamento. I due gruppi di intervento hanno svolto 3 allenamenti a settimana per 6 settimane, ripetendo esercizi simili eseguiti però con strumenti diversi (disco e mini-trampolino)	20	Miglioramenti del controllo posturale e dei deficit propriocettivi per entrambi i gruppi sperimentali. Il protocollo con il mini-trampolino si è dimostrato efficace quanto quello con il disco
<b>A. H. Engebretsen,</b> <b>G. Myklebust,</b> <b>Ingar Holme,</b> <b>L. Engebretsen,</b> <b>R. Bahr,</b> <b>(36)</b>	2008	Determinare se è possibile identificare, attraverso un questionario, i soggetti che presentano un maggiore rischio di infortunio. Inoltre determinare l'efficacia di un programma di esercizi per la prevenzione degli infortuni	Somministrazione di un questionario nella fase di preseason. Programma di allenamento della durata di 10 settimane (3 allenamenti a settimana) da effettuare al di fuori degli allenamenti con la squadra durante il periodo di preseason	508	Il questionario si è dimostrato efficace nell'individuare quei soggetti con un maggior rischio di infortunio. Il programma di allenamento per la prevenzione degli infortuni invece si è dimostrato poco efficace nel ridurre gli infortuni. Infatti non vi sono sostanziali differenze fra il gruppo di intervento e quello di controllo.
<b>T. Soligard</b> <b>G. Myklebust,</b> <b>K. Steffen,</b> <b>I. Holme,</b> <b>H. Silvers,</b> <b>M. Bizzini,</b>	2008	Valutazione dell'efficacia del protocollo "FIFA 11+" per la prevenzione degli infortuni nelle giocatrici di calcio	"The 11+" è un warm-up costituito da 3 fasi. La prima in cui viene effettuata una corsa lenta con diversi compiti combinati. La seconda è costituita da 6 serie di esercizi per la forza, l'equilibrio ed esercizi di salto con	1892	Lo studio ha dimostrato una riduzione di circa 1/3 degli infortuni fra il gruppo di intervento e il gruppo di controllo.



<b>A. Junge, J. Dvorak, R. Bahr, T.E. Anderse n</b> <b>(37)</b>			diverse difficoltà esecutive. La terza è infine determinata dalla combinazione di una corsa rapida con movimenti specifici del calcio e improvvisi cambi di direzione		
<b>C A Emery,  W H Meeuwis se</b> <b>(38)</b>	2010	Esaminare l'efficacia di una strategia basata sull'allenamento neuromuscolare per prevenire le lesioni nei giovani calciatori	Un warm up della durata di 15 minuti da ripetere 3 volte a settimane. Di questi 15 minuti 5 sono dedicati alla fase aerobica e allo stretching dinamico mentre i restanti 10 sono dedicati a esercizi neuromuscolari (forza, agilità ed equilibrio per esempio). Infine si aggiungono delle sedute home-training di 15 minuti dedicate al miglioramento dell'equilibrio eseguite con wobble board	744	Un programma di riscaldamento neuromuscolare e delle sedute di allenamento dell'equilibrio hanno dimostrato un ruolo protettivo nei giovani giocatori di calcio determinando un minor numero di infortuni
<b>C.R. LaBella,  M.R. Huxford;  J. Grissom,  K.Y. Kim,  J. Peng,  K.C. Kaufer</b> <b>(39)</b>	2011	Determinare l'efficacia di un riscaldamento neuromuscolare sulla riduzione degli infortuni agli arti inferiori nelle atlete di sesso femminile	Utilizzo di un warm up neuromuscolare di circa 20 minuti con esercizi progressivi di forza, pliometria, equilibrio e agilità.	1492	Un riscaldamento basato sull'allenamento neuromuscolare si è dimostrato efficace nel determinare una riduzione dell'incidenza di infortuni da non contatto degli arti inferiori
<b>K.W. Janssen,  W.V. Mechelen  E. Verhagen</b>	2012	Paragonare l'efficacia di un programma di allenamento neuromuscolare all'utilizzo di una cavigliera per ridurre il tasso di re-	Suddivisione della popolazione in 3 gruppi. Al primo sono state somministrate 8 settimane di allenamento neuromuscolare. Al	384	Nel presente studio i risultati hanno dimostrato come un programma di allenamento neuromuscolare può essere più

(40)		infortunio in seguito ad una distorsione	secondo è stato chiesto di indossare una cavigliera in tutte le attività sportive praticate nel corso del seguente anno. Infine per il terzo è stato utilizzato un protocollo combinato, composto sia dall'allenamento neuromuscolare che dall'utilizzo di cavigliera		efficace rispetto all'utilizzo di cavigliera.
E. A. Hall, C. L. Docherty, J. Simon, J. J. Kingma, J. C. Klossner (41)	2015	Paragonare due protocolli di allenamento per la forza (rispettivamente con bande elastiche e PNF) e i loro effetti sullo sviluppo della forza, sull'equilibrio, sulla funzionalità e sulla percezione dell'instabilità della caviglia	2 gruppi di intervento e 1 gruppo di controllo. Ad uno dei primi due viene applicato un protocollo di 3 allenamenti a settimana per 6 settimane di allenamento con bande elastiche. Al secondo un protocollo di allenamento basato sulla tecnica PNF (sempre 3 allenamenti a settimana per 6 settimane). Nessun intervento per il gruppo di controllo. Utilizzo di test pre e post intervento per valutare gli effetti sui parametri di interesse.	39	Miglioramenti della forza in inversione ed eversione in entrambi i gruppi di intervento. Minore sviluppo di forza in pianta-dorsiflessione con il protocollo PNF. Incremento della stabilità percepita con entrambi i protocolli. No miglioramento equilibrio e funzionalità con i due protocolli
K. Kim, K. Jeon. (42)	2016	Sviluppare un programma di esercizi per la riabilitazione dei soggetti con distorsione di caviglia con l'obiettivo di diminuire il dolore cronico e incrementare le abilità motorie. Misurazione dell'equilibrio dinamico (attraverso Y balance Test) e della forza	Un programma di esercizi della durata di 12 settimane con 2 allenamenti a settimana della durata di 80 minuti ciascuno. Gli esercizi riguardano la diminuzione del dolore, il rinforzo della muscolatura della caviglia e il miglioramento dell'equilibrio dinamico dell'arto	26	Il protocollo proposto ha determinato un aumento nella forza della muscolatura della caviglia in tutti i suoi principali movimenti (dorsiflessione, plantarflexione, inversione ed eversione) e un miglioramento nella capacità di mantenere

		isocinetica della caviglia in dorsi e plantarflessione, in inversione ed eversione	inferiore.		l'equilibrio. Gli autori sottolineano dunque l'importanza di protocolli attivi per la riduzione del dolore, per il recupero del normale ROM di movimento e per l'incremento della forza e delle funzionalità della caviglia.
<b>R. Roessler</b> <b>A. Junge</b> <b>M. Bizzini</b> <b>E. Verhagen</b> <b>J. Chemie</b> <b>K. aus der Fuerten</b> <b>T. Meyer</b> <b>J. Dvorak</b> <b>E. Lichtenstein</b> <b>F. Beaudouin</b> <b>O. Faude</b>  (43)	2017	Valutare l'effetto del programma "11+ kids" nella prevenzione degli infortuni dei calciatori con età compresa fra i 7 e i 13 anni.	"11+ kids" è un warm up applicato almeno due volte a settimana costituito da 7 esercizi per il miglioramento della stabilità dell'arto inferiore.	3895	Il gruppo di intervento ha mostrato una riduzione del 48% degli infortuni rispetto al gruppo di controllo (a cui non è stato applicato il programma "11+ kids"). Di conseguenza sono diminuite, nel gruppo di intervento, anche le ore di allenamento e gioco perse a causa degli infortuni.
<b>P. Huang</b>  <b>A. Jankaw</b>  <b>C. F. Lin</b>  (44)	2021	Indagare sull'efficacia dell'allenamento pliometrico e per l'equilibrio sul controllo neuromuscolare in individui con instabilità cronica di caviglia	Suddivisione dei soggetti in 3 gruppi sperimentali: uno di controllo e due sperimentali. Ad uno di quest'ultimi due è stato affidato un programma di esercizi pliometrici, mentre all'altro una combinazione di esercizi pliometrici e per l'equilibrio.	30	Entrambi i gruppi sperimentali hanno incrementato il controllo neuromuscolare e l'attivazione muscolare dei plantaflessori nella fase di pre-appoggio
<b>M. Hilska,</b> <b>M. Leppanen,</b> <b>T. Vasankar</b>	2021	Valutare l'effetto di un warm up di allenamento neuromuscolare sulla prevenzione degli infortuni all'arto inferiore in bambini	Un riscaldamento di circa 25 minuti da applicare a 2 allenamenti settimanali per un periodo di 6 mesi e confronto dei	1403	Il gruppo di intervento, paragonato con quello di controllo, ha mostrato una riduzione del 32% degli infortuni da

i, S. Aaltonen, P. Kannus, J. Parkkari, K. Steffen, U. M. Kujala, N. Konttinen, A. M. Raisanen K. Pasanen  (45)	che giocano a calcio.	seguenti tassi di infortunio	non contatto. Tale valore si è mostrato particolarmente evidentemente soprattutto per i distretti anatomici di caviglia e anca
---	-----------------------	---------------------------------	---

## DISCUSSIONE

Nelle tabelle qui sopra sono stati riportati gli articoli inerenti l'allenamento neuromuscolare e le sue componenti. Nel corso degli anni sono state effettuate diverse ricerche in questo ambito e sono state studiate diverse tecniche:

- Warm up con esercizi neuromuscolari e sport-specifici (37) (38) (39) (43) (45);
- Allenamento propriocettivo (31) (32) (35);
- Allenamento per la forza (27);
- Protocolli combinati (28) (30) (34);
- Confronto con altre tecniche riabilitative (26) (33);

Inoltre i diversi autori hanno sviluppato e valutato l'efficacia di programmi caratterizzati da una durata diversa fra loro:

- Programma di una durata specifica (numero specifico di settimane) nel corso della stagione (27) (28) (33) (34) (35) (40) (41) (42) (44) (45);
- Condizionamento preseason (30) (32) (36);
- Intervento nel corso dell'intera stagione (26) (31) (37) (38) (39) (43);

Al fine di evidenziare i punti fondamentali di questo studio della letteratura scientifica può essere utile raggruppare le evidenze sulla base dei risultati di quest'ultime:

- Prevenzione degli infortuni e delle lesioni recidive;
- Incremento della stabilità e del controllo propriocettivo della caviglia;
- Miglioramento dei parametri funzionali (forza della muscolatura, Range of Motion).

<b>Risultato</b>	<b>Numero di articoli</b>
Prevenzione degli infortuni e delle lesioni recidive	14
Incremento della stabilità e del controllo propriocettivo della caviglia	5
Miglioramento dei parametri funzionali (forza della muscolatura, Range of Motion)	5

La maggior parte delle pubblicazioni riportate hanno dimostrato l'efficacia dell'allenamento neuromuscolare e delle sue componenti nella prevenzione delle distorsioni di caviglia. Inoltre, sempre da un punto di vista più generale, sono diversi i protocolli di allenamento che si sono dimostrati validi anche al fine di migliorare la forza e la stabilità a livello della caviglia, favorendo dunque anche un maggior controllo posturale. Nello specifico:

- L'allenamento propriocettivo ha dimostrato di essere efficace quanto l'utilizzo di tecniche di bracing e taping nella prevenzione delle distorsioni (26) (29) (33). Inoltre Jansen et al. (40) hanno riscontrato che un protocollo di allenamento neuromuscolare può essere addirittura più efficace rispetto all'utilizzo di una cavigliera;
- Protocolli di allenamento "completi" (comprendenti esercizi per la forza, la flessibilità, l'equilibrio e pliometrici) si sono rivelati utili non solo per la diminuzione del rischio di infortunio, ma anche per l'aumento della forza della caviglia nei suoi principali movimenti, dell'equilibrio, del controllo posturale e della funzionalità (30) (34) (42) (44);

- L'utilizzo di esercizi neuromuscolari durante la fase di warm-up è risultato particolarmente vantaggioso nel diminuire il tasso di infortunio degli atleti (37) (38) (39) (43) (45);
- Nella maggior parte degli studi anche l'allenamento propriocettivo nelle sue diverse modalità (utilizzo di balance board, balance pad, mini-trampolino o pedana propriocettiva) si dimostra valido al fine di prevenire gli infortuni e aumentare il controllo posturale (28) (31) (32) (35) (36);

Da evidenziare è il fatto che, all'interno degli articoli selezionati, solo una pubblicazione ha prodotto risultati contrari rispetto alle restanti per quanto concerne la prevenzione degli infortuni. Engebretsen et al (36) infatti hanno riscontrato che il protocollo di allenamento da loro scelto non ha prodotto risultati significativi. L'assenza di differenza nel tasso di infortunio fra gruppo sperimentale e gruppo di controllo, secondo gli autori, è determinata dal fatto che diverse squadre rientranti nel gruppo di controllo presentavano buoni protocolli di allenamento con esercizi simili a quelli scelti per il gruppo sperimentale determinando così una contaminazione dei risultati.

## **CONCLUSIONE**

L'evidenza scientifica ci ha dimostrato come l'allenamento neuromuscolare risulti essere una strategia efficace ai fini della prevenzione delle distorsioni di caviglia e degli infortuni all'arto inferiore in generale. Inoltre, attraverso tale revisione, è possibile notare che le metodologie che possono essere applicate non solo sono svariate, ma ci consentono di salvaguardare gli atleti ed impedire che questi siano costretti ad interrompere la loro attività sportiva a causa degli infortuni. Per tale motivo si consiglia di prevedere all'interno della programmazione sportiva tali esercizi, alcuni dei quali verranno proposti nel successivo capitolo. La scelta sulla modalità di inserimento di questi ultimi spetta agli allenatori in base al tempo di allenamento a disposizione, al numero di atleti e agli impegni stagionali. Di seguito verrà inserita una programmazione

che può essere utilizzata come spunto per favorire un buon recupero da una distorsione di caviglia.

### **4.3. Proposta operativa**

Nel corso di quest'ultimo paragrafo viene inserita una programmazione contenente esercizi che possono essere utilizzati con l'obiettivo di favorire il recupero da un episodio distorsivo. Le proposte qui sotto riportate derivano sia dagli allenamenti presentati dai diversi ricercatori negli studi analizzati nel precedente capitolo, ma anche da nozioni apprese durante il percorso universitario (in particolare nel corso di Allenamento Funzionale). È fondamentale tenere in considerazione che il protocollo proposto non è valido per tutte le situazioni, ma deve sempre essere adattato alla situazione. Infatti nella proposta verranno indicati tempi di recupero abbastanza generici in quanto questi ultimi variano molto a seconda della gravità della distorsione.

In successione sarà dunque possibile trovare:

- La tabella contenente la programmazione;
- La spiegazione della programmazione;
- Un formulario con gli esercizi (descrizione, motivazioni sulle scelta, esecuzione e immagine dimostrativa).

## La programmazione

Settimana	Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
1	<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>	
	Camminare lungo una linea (un piede davanti all'altro)	10x10 metri	Camminata sulle punte e sui talloni	20x10 metri	Camminare su superfici diverse	Ripetere il percorso 10 volte
	Equilibrio monopodalico	4x15"(30")	Star Excursion Balance Test	4x2 giri (1')	Equilibrio monopodalico con rotazioni del busto	4x15"(30")
	<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>	
	Lavoro isometrico contro un muro		Esercizi con pallone di spugna		Lavoro isometrico contro un muro	
	Flessione plantare		pie di		Flessione plantare	
	Abduzione	5x10	Shiacciarlo fra tibia e dorso del piede	4x10 (30")	Abduzione	5x10
	Adduzione		Schiacciarlo contro una parete		Adduzione	
	Flessione dorsale		Schiacciarlo contro l'altro piede da in piedi		Flessione dorsale	
	<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>	
Mantenimento flessione dorsale e plantare della caviglia	4'	Immaginare di disegnare dei cerchi con l'alluce (in senso orario e antiorario)	8'	Immaginare di disegnare l'alfabeto con l'alluce	4'	
Mantenimento abduzione e adduzione della caviglia	4'			Immaginare di disegnare i numeri con l'alluce	4'	

Settimana	Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
2	5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata	
	<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>	
	Percorso con la corda da seguire ad occhi chiusi	Ripetere il percorso 10 volte	Camminare lungo il bordo di una serie di cerchi con occhi chiusi	Ripetere il percorso 10 volte	Camminata incrociata (posizionare un piede attaccato all'altro)	20x5 metri
	Dalla posizione di quadrupedia far strisciare il piede per terra in diverse direzioni sia con la pianta che con il dorso	3x30"	Towel Scrunches	5 volte	Far ruotare il piede attorno ad una pallina da tennis	3x45"(1')
	<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>	
	Squat	3x10 (1')	Affondi in avanzamento	3x20 (1')	Balance squat	3x10 (90")
	Salire e scendere da uno step	3x20 (1')	Eq. Monopodalico sopra uno step porto l'altro piede a toccare il suolo	3x15(1')	Stacco (scendo lentamente ad afferrare un oggetto a terra e ritorno in modo più dinamico)	3x10 (1')
	Calf sopra ad uno step	3x20 (1')	Pulm up squat	3x8 (1')	Wall squat	3x8 (1')
	<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>	
	Sulla punta dei piedi eseguire delle circonduzioni	3'	Ankle dance	3'	Allungamento t. sura in spinta contro il muro	3'
In posizione di affondo cerco di chiudere l'angolo della caviglia	3'	In posizione di deep squat ruotare sulle caviglie	3'	Seduti sui talloni (allungamento flessori caviglia)	3'	
5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		

Settimana	Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
3	5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata	
	<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>	
	Camminare lungo una linea (un piede davanti all'altro)	10x10 metri	Camminata sulle punte e sui talloni	20x10 metri	Camminare su superfici diverse	Ripetere il percorso 10 volte
	Equilibrio monopodalico spostare il piede in sospensione verso il lato indicato dall'allenatore con stimolo acustico	4x30"(30")	Star Excursion Balance Test	4x2 giri (1')	Equilibrio monopodalico raggiungere un punto indicato con il bastone dall'allenatore	4x30"(30")
	<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>		<b>Rinforzo muscolare</b>	
	Palm up squat	3x8 (1')	Lavoro contro resistenza elastica		Wall squat	3x8 (1')
	Affondi in avanzamento	3x20 (1')	Flessione plantare		Stacco (scendo lentamente ad afferrare un oggetto a terra e ritorno in modo più dinamico)	3x10 (1')
	Step up	3x20 (1')	Abduzione	5x10	Bulgarian squat	3x20(30") 10dx + 10sx
			Adduzione			
	<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>		<b>Mobilità articolare</b>	
Sulla punta dei piedi eseguire delle circonduzioni	3'	Ankle dance	3'	Allungamento t. sura in spinta contro il muro	3'	
In posizione di affondo cerco di chiudere l'angolo della caviglia	3'	In posizione di deep squat ruotare sulle caviglie	3'	Seduti sui talloni (allungamento flessori caviglia)	3'	
5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		



Settimana	Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
4	<b>PROPRIOCEZIONE + FORZA</b>		<b>FORZA ESPLOSIVA + CORE TRAINING</b>		<b>PROPRIOCEZIONE + FORZA</b>	
	5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata	
	<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Forza esplosiva</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>	
	Percorso con la corda da seguire ad occhi chiusi	Ripetere il percorso 10 volte	Ankle jumps	3x20(2')	Camminare lungo il bordo di una serie di cerchi con occhi chiusi	Ripetere il percorso 10 volte
	Saltelli su una gamba con rotazioni 180°	3x12 giri (3 or e 3 antior) (1')	Zigzag jumps bipodalici	3x12(2')	Star excursion balance test	3x2 giri (1')
	Eq. Monopodalico con movimento dell'arto in sospensione (flessione avanti)	3x10(1')	Discesa da box e corsa frontale	3x6(2')	Eq. monopodalico afferrare oggetto a terra e riposizionarlo in un altro punto	3x45''(30'')
	Eq. Monopodalico su bosu/tavoletta rotonda	3x20''(30'')	Jump Squat	3x8(2')	Eq. Monopodalico disegnare un cerchio per terra con la punta del piede in sospensione	4x12 cerchi(30'') alternare orario/antiorario
	<b>Recupero Funzionale</b>		<b>Core training</b>		<b>Recupero Funzionale</b>	
	Palm up squat	3x8(1')	Plank	4x1'(30'')	Wall squat	3x8(1')
	Squat asimmetrico	3x12(1')	Deadbug	4x1'(30'')	Walking Lunge asimmetrico	3x20(1')
	Affondi laterali	3x20(1')	Crawling	5x10 metri (30'')	One leg squat(-->pistol squat)	3x16(1')
	Calf in appoggio al bordo del bosu	3x20(1')			Dancer Squat	3x12(1')
	<b>Stretching</b>		<b>Stretching</b>		<b>Stretching</b>	
	1° squadra Mezieres	2'	Portare il tallone all'altezza del gluteo afferrano la punta del piede	2'	1° squadra Mezieres	2'
Allungamento catena anteriore su Fitball	2'	Allungamento catena posteriore della gamba con RingFit o banda elastica	2'	Allungamento catena anteriore su Fitball	2'	
Allungamento t. sura in spinta contro il muro	3'	Sulla punta dei piedi eseguire delle circonduzioni	3'	Allungamento t. sura in spinta contro il muro	3'	
Seduti sui talloni (allungamento flessori caviglia)	3'	In posizione di affondo cerco di chiudere l'angolo della caviglia	3'	Seduti sui talloni (allungamento flessori caviglia)	3'	

Settimana	Giorno 1		Giorno 2		Giorno 3	
5	<b>FORZA ESPLOSIVA + CORE TRAINING</b>		<b>PROPRIOCEZIONE + FORZA</b>		<b>FORZA ESPLOSIVA + CORE TRAINING</b>	
	5 minuti di camminata		5 minuti di camminata		5 minuti di camminata	
	<b>Forza esplosiva</b>		<b>Esercizi propriocettivi</b>		<b>Forza esplosiva</b>	
	Box jump	3x8(2')	Camminata incrociata (posizionare un piede attaccato all'altro)	20x5 metri	Speed jumps	3x20(2')
	Zigzag jumps monopodalici	3x12(2')	Saltelli su una gamba con rotazioni 180°	3x12 giri (3 orario e 3 antiorario) (1')	Zigzag jumps bipodalici	3x12(2')
	Discesa da box e corsa laterale	3x6(2')	Towel Scrunches	5 volte	Discesa da box e corsa frontale	3x6(2')
	Jump Lunge	3x8(2')	Far ruotare il piede attorno ad una pallina da tennis	3x45''(1')	Knee Squat	3x8(2')
	Decelerazioni di 10 metri e terminare la corsa laterale con un affondo laterale	10x10 metri			Decelerazioni di 10 metri e terminare la corsa frontale con un affondo	10x10 metri
	<b>Core training</b>		<b>Propedeutico</b>		<b>Core training</b>	
	Side Plank	4x1'(30'')	Palm up squat	3x8(1')	Plank	4x1'(30'')
	Hollow position	4x1'(30'')	<b>Forza</b>		Deadbug	4x1'(30'')
	Bird dog	4x1'(30'')	Bulgarian squat	3x20(30'') 10dx + 10sx	Crawling	5x10 metri (30'')
			Single leg deadlift	3x20(1')		
			Step up	3x20(30'') 10 dx+10 sx		
<b>Stretching</b>		<b>Stretching</b>		<b>Stretching</b>		
Portare il tallone all'altezza del gluteo afferrano la punta del piede	2'	1° squadra Mezieres	2'	Portare il tallone all'altezza del gluteo afferrano la punta del piede	2'	
Allungamento catena posteriore della gamba con RingFit o banda elastica	2'	Allungamento catena anteriore su Fitball	2'	Allungamento catena posteriore della gamba con RingFit o banda elastica	2'	
Sulla punta dei piedi eseguire delle circonduzioni	3'	Allungamento t. sura in spinta contro il muro	3'	Sulla punta dei piedi eseguire delle circonduzioni	3'	
In posizione di affondo cerco di chiudere l'angolo della caviglia	3'	Seduti sui talloni (allungamento flessori caviglia)	3'	In posizione di affondo cerco di chiudere l'angolo della caviglia	3'	

## **Spiegazione della programmazione**

La prima fase della riabilitazione si presenta generica in quanto l'obiettivo iniziale, come evidenziato in precedenza, è quello di recuperare la mobilità e l'articolarietà, favorire il rinforzo muscolare e iniziare a lavorare sul recupero della stabilità. L'inizio della programmazione viene indicato dalla 2° settimana post-infortunio in quanto la prima viene dedicata al controllo della risposta articolare all'infortunio e alla riduzione del versamento ematico e del gonfiore (attraverso l'applicazione del protocollo PRICE sopra descritto). In linea generale gli allenamenti possono iniziare 7-8 giorni dopo l'infortunio oppure anche prima se si tratta di una distorsione lieve.

La programmazione è stata tarata su 3 allenamenti settimanali che, normalmente, sono quelli a disposizione delle squadre di calcio a 5.

- 1) La prima settimana di allenamento è dedicata agli esercizi a carico parziale poiché è fondamentale proporre un recupero graduale per evitare l'avvenirsi di recidive. Gli esercizi propriocettivi vengono eseguiti ad inizio allenamento per evitare che l'atleta sia già affaticato in quanto richiedono un buon controllo sia dal punto di vista fisico che mentale. Questi possono essere anche eseguiti in carico, sempre tenendo in considerazione lo stato della lesione e il dolore dell'atleta. Le proposte propriocettive sono dedicate sin da subito al ripristino della corretta deambulazione e alla ripresa del contatto piede-suolo. Di seguito vengono inseriti proposte per il rinforzo in scarico o carico parziale e, per terminare la sessione, esercizi di mobilità. Da notare in particolare come per quest'ultima si parta da movimenti semplici (flesso-estensioni per esempio) aumentando gradualmente la complessità (disegnare prima dei cerchi e poi numeri o lettere dell'alfabeto). L'aspetto fondamentale da tenere in considerazione è quello di evitare ROM dolorosi e dunque di non forzare il movimento ma recuperare in maniera graduale. Per il rinforzo muscolare e la parte propriocettiva il lavoro rimane pressoché costante nel corso dei 3 giorni, ma variano gli strumenti utilizzati per fornire una proposta il più variegata e graduale possibile. Le

ripetizioni, le serie e i recuperi sono stati scelti per fornire un lavoro discreto ma che non produca un eccessivo affaticamento.

- 2) Nella seconda e terza settimana il protocollo rimane uguale e dunque esercizi propriocettivi, rinforzo e mobilità rimangono all'interno della medesima sessione. A variare sono gli esercizi:
- La parte relativa al recupero del tono muscolare viene effettuata attraverso esercizi a corpo libero dedicati non solo alla muscolatura della caviglia, ma di tutto l'arto inferiore.
  - Anche nella mobilità vengono inserite delle proposte da eseguire in piedi o comunque in carico.

Infine a partire dalla seconda settimana sono stati introdotti 5 minuti di camminata all'inizio e alla fine dell'allenamento questo sia per favorire il riscaldamento nel primo caso e il defaticamento nel secondo ma soprattutto per valutare la deambulazione del soggetto con l'avanzare delle sedute di allenamento.

- 3) Dalla quarta settimana ha inizio la riabilitazione funzionale vera e propria con l'introduzione anche della componente pliometrica e del core training. Nell'allenamento della forza esplosiva è richiesto, come in quello propriocettivo, il minor stato di affaticamento possibile ed è per tale motivo che le due tipologie di esercizio vengono inserite in due sessioni differenti. A tale proposito si alternano:
- allenamenti dedicati alla propriocezione e all'aumento del tono muscolare. Per la parte di rinforzo le ripetizioni sono più elevate e il recupero è incompleto in modo tale da favorire i processi ipertrofici.
  - allenamenti dedicati allo sviluppo della forza esplosiva e al core training. Nella parte dedicata alla forza esplosiva le ripetizioni sono minori e il recupero è più lungo in modo tale da sviluppare la potenza fondamentale in uno sport come il calcio a 5.

Al termine di ogni sessione non mancano i consueti 10 minuti dedicati all'allungamento e alla mobilità. In particolar modo a partire dalla 4°

settimana vengono anche inserite delle proposte di allungamento più globali che interessano non solo la caviglia, ma tutta la catena cinetica posteriore e anteriore. Potrebbe essere utile inserire anche delle proposte per l'allungamento delle catene cinetiche crociate e laterali, questo a discrezione degli allenatori sulla base del tempo a loro disposizione.

### **Formulario degli esercizi**

Iniziamo descrivendo quegli esercizi di rinforzo che sono stati inseriti nella prima settimana della programmazione, ovvero quella a carico parziale:

- Esercizi isometrici di spinta contro un muro: spingere il piede lateralmente, frontalmente, medialmente contro un muro. Per il movimento di flessione dorsale infilare il piede al di sotto di un ostacolo e trazione quest'ultimo.
- In piedi in appoggio sull'arto sano, con il piede infortunato: schiacciare un pallone di spugna per terra con la punta (flessione plantare), schiacciarlo contro una parete lateralmente (abduzione), schiacciarlo contro l'altro piede (adduzione) e schiacciarlo con il dorso contro la tibia (flessione plantare).

Una piccola premessa prima di descrivere i restanti esercizi è d'obbligo. All'interno della programmazione sono stati inseriti, oltre che alle classiche proposte di allenamento propriocettivo con strumenti di instabilità, diversi esercizi che possono essere definiti "funzionali". Questo perché allenare il nostro corpo, e dunque le nostre catene muscolari, sulla base di uno scopo preciso può essere fondamentale in un contesto riabilitativo e preventivo. L'allenamento funzionale, in questo contesto, risulta fondamentale in quanto ci consente di:

- ✓ Stimolare grandi gruppi muscolari contemporaneamente attraverso movimenti multiarticolari eseguiti su più piani di movimento. Tali movimenti sono alla base non solo del calcio a 5, ma della maggior parte degli sport esistenti;
- ✓ Sviluppare forza, resistenza, velocità, mobilità e coordinazione, capacità motorie alla base della prestazione sportiva;
- ✓ Adattare in modo estremamente versatile il movimento alle condizioni fisiche di un'atleta, caratteristica perfetta in un processo riabilitativo;
- ✓ Allenare movimenti che richiamo i gesti tipici della competizione e che sono frutto della combinazione di schemi motori innati.

Basare un programma di allenamento su esercizi di questo tipo può essere fondamentale in quanto durante l'attività sportiva, ma anche nella vita quotidiana, il movimento deve sempre adattarsi ad un ambiente in costante trasformazione. Tale adattamento può essere favorito dal ripristino degli schemi motori innati (sui quali il movimento stesso si basa) persi con l'avanzare dell'età e che devono essere allenati per permettere all'essere umano di muoversi in modo efficace, efficiente e sicuro.

Dunque la scelta degli esercizi inseriti nella programmazione si basa anche sui principi appena riportati e non solo sulle tipiche proposte di allenamento neuromuscolare.

Passiamo ora alla descrizione degli esercizi e i motivi alla base della scelta di quest'ultimi.

- **Movimenti di accosciata**

Rientrano fra i movimenti primordiali dell'uomo e ci consentono, attraverso esercizi quali lo Squat e tutte le sue varianti, di sviluppare la forza degli arti inferiori, l'equilibrio e la mobilità articolare. La completezza di tali esercizi ci spiega perché questi siano alla base di un programma riabilitativo post-distorsione. Attraverso questi esercizi, lavorando sulle capacità motorie appena elencate, è possibile ripristinare o mantenere la capacità dei soggetti di rimanere in posizione di massima accosciata,

una posizione che dovrebbe essere naturale ma che molte persone non sono più in grado di raggiungere.

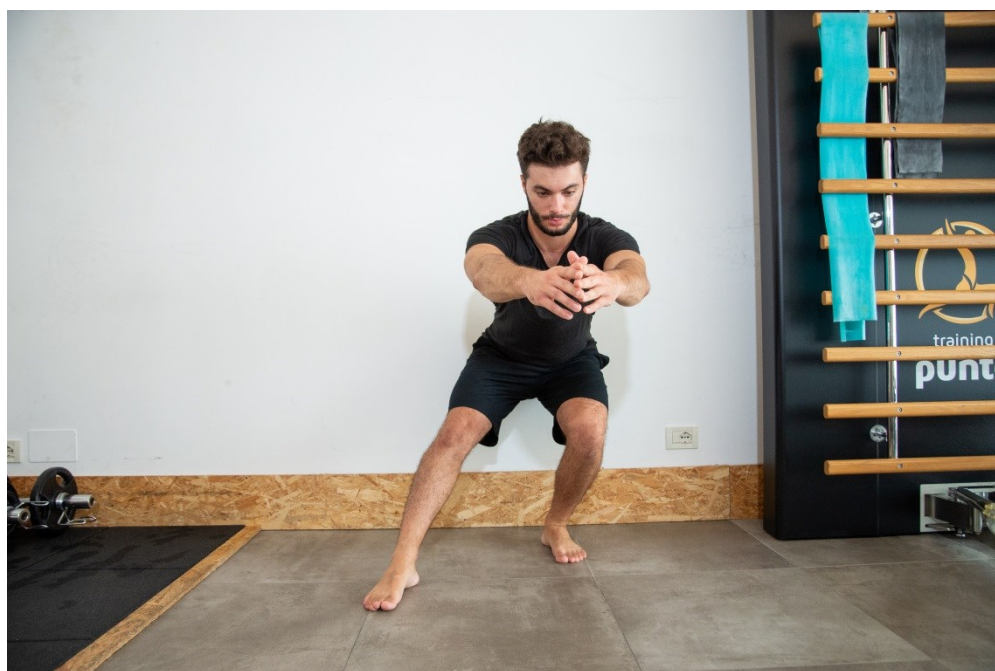
## **Squat**

Lo Squat costituisce l'esercizio alla base dei gesti di accosciata attraverso il quale è possibile stimolare la muscolatura dell'arto inferiore, in particolar modo quadricipite femorale e grande gluteo. La posizione di partenza è la stazione eretta con i piedi alla larghezza circa delle anche e leggermente extraruotati. Il movimento inizia con una leggera flessione d'anca e successivamente prosegue con una flessione contemporanea di anca e ginocchio. Durante la discesa le ginocchia vengono proiettate verso l'esterno. Una volta raggiunta la massima accosciata consentita dai ROM delle nostre articolazioni si ritorna alla posizione di partenza. Per quanto concerne la respirazione in caso di atleti neofiti facciamo eseguire un'inspirazione durante la fase di discesa ed un'espirazione durante la fase di risalita. Viceversa con atleti con una maggiore esperienza possiamo introdurre una fase di apnea (manovra di Valsalva).



## **Squat asimmetrico**

La peculiarità dello Squat asimmetrico è che permette di allenare la muscolatura degli arti inferiori in Range di movimento diversi da quelli classici dello Squat. Questa modalità di esecuzione è dunque estremamente funzionale ad uno sport quale il calcio a 5 dove l'ambiente è mutevole e saper sviluppare forza lungo diverse traiettorie può risultare fondamentale ai fini della performance. Inoltre è funzionale alla riabilitazione della caviglia in quanto l'infortunio più tipico di quest'ultima deriva da un suo scorretto appoggio: lavorare fuori dagli schemi classici di movimento è dunque fondamentale in questo contesto. A variare in questa esecuzione è la posizione di partenza: modificando l'appoggio dei piedi (per esempio posizionandone uno più avanti) sarà obbligatorio seguire una traiettoria diversa da quella classica e caricare maggiormente su una gamba piuttosto che sull'altra.





## One leg squat

Anche lo Squat ad una gamba risulta essere una variante altamente utile al fine della prevenzione delle distorsioni in quanto ci consente di allenare, oltre che la forza dell'arto inferiore, la propriocezione, l'equilibrio e la coordinazione. Per i soggetti che devono ancora sviluppare la stabilità necessaria è consigliata l'esecuzione vicino ad un muro o ad un supporto. Viceversa per i soggetti con un livello più avanzato possiamo rendere l'esecuzione più difficile inserendo dei compiti aggiuntivi: chiudere gli occhi, ricevere una palla durante la discesa e rilanciarla durante la risalita...





## **Pistol squat**

Il pistol squat è un esercizio monopodalico che richiede, per la sua esecuzione, un'elevata forza dell'arto inferiore ed una buona mobilità di anca e caviglia. Può essere considerato come un'evoluzione dello squat ad una gamba. Anche qui è possibile semplificare o rendere il gesto più difficile a seconda delle caratteristiche dell'atleta.



## **Dancer squat**

Il dancer squat è una variante dello Squat eseguito in punta dei piedi. Permette di stimolare maggiormente il Tricipite della Sura, oltre che richiedere un maggior controllo e stabilità data la riduzione della base di appoggio.



## **Bulgarian squat**

Lo squat bulgaro, per come si presenta, richiama il gesto dell'affondo stimolando però in misura maggiore la componente relativa alla stabilità. La posizione di partenza è con il dorso del piede in appoggio posteriormente su una panca, un box o un TRX posizionato circa all'altezza del ginocchio. Da qui si esegue un passo avanti fino a raggiungere la posizione da cui inizia l'accosciata effettiva (la distanza fra i due piedi deve favorire la massima produzione di forza possibile da parte del grande gluteo). Da qui si esegue una lieve flessione d'anca seguita da una flessione di ginocchio. Si cerca di scendere al di sotto del ginocchio di riferimento per poi tornare alla posizione di partenza. Anche questa proposta si dimostra utile in termini riabilitativi poiché consente di lavorare contemporaneamente su rinforzo e stabilità.





### **Balance squat**

Un'ulteriore variante dello Squat che consente di unire la componente della forza a quella propriocettiva. Può essere eseguito con diversi strumenti: balance board, balance pad...

Variare lo strumento ci consente di regolare la difficoltà dell'esercizio e di fornire stimoli diversi ai soggetti.



## **Palm up squat**

Il Palm Up Squat costituisce uno dei propedeutici dell'allenamento funzionale. In quanto tale può essere utilizzato non solo come esercizio per rinforzare le catene muscolari, mobilizzare i distretti articolari e correggere le retrazioni, ma anche come test per valutare gran parte delle articolazioni presenti fra mani e piedi. Inoltre essi consentono di sviluppare una maggiore consapevolezza corporea e una maggiore percezione di sé. La sua esecuzione è caratterizzata dal posizionamento di fronte a un muro, i piedi sono circa alla larghezza delle spalle e le mani vengono portate all'altezza delle spalle in spinta contro il muro (verranno mantenute in questa posizione per tutta l'esecuzione). A questo punto inizia il movimento di accosciata dunque prima si esegue una lieve flessione d'anca e poi anca e ginocchio si muovono contemporaneamente. Si mantiene la posizione di massima accosciata per qualche secondo e si ritorna alla posizione di partenza.



## Wall squat

Anche quest'ultima variante di accosciata rientra fra i propedeutici dell'allenamento funzionale e ci consente dunque, come l'esercizio precedente, sia di rinforzare e mobilizzare sia di valutare la mobilità di anca e caviglia nello specifico di questa esecuzione. La posizione di partenza prevede i piedi extraruotati a contatto con la parete e le braccia aperte verso fuori. Da qui si esegue un'accosciata con le ginocchia che verranno proiettate maggiormente verso l'esterno rispetto alla versione classica. Nel caso in cui un soggetto non riesca a eseguire l'accosciata si consiglia di allontanarsi leggermente dal muro. Viceversa è possibile rendere l'esecuzione più difficile diminuendo il passo dei piedi o portando le braccia verso l'alto o combinando ambedue le progressioni.



- **Walking Lunge (affondi)**

Rientrano anch'essi fra i movimenti fondamentali e sono esercizi altamente funzionali per gli arti inferiori. Essi infatti consentono di allenare sia l'azione (flessione ed estensione di anca e ginocchio) che la funzione (produzione di forza esplosiva) della catena estensoria dell'anca. Il gesto inoltre è altamente funzionale ad uno sport come il calcio a 5 in cui è richiesta la capacità di sviluppare forza esplosiva per spostarsi rapidamente nello spazio di gioco.

### **Walking Lunge**

Il movimento di affondo ha inizio con un passo avanti. Per quanto concerne la stance è consigliato mantenere la proiezione dell'anca fra i piedi per favorire una migliore stabilità di appoggio e una maggiore capacità di esprimere forza. La lunghezza del passo deve essere tale da favorire la massima esplosività possibile: un passo troppo corto determina un eccessivo angolo fra tibia e femore e dunque un maggiore carico sul tendine rotuleo, mentre un passo troppo lungo determina una perdita in propulsione. Prima della fase di discesa è fondamentale richiedere ai soggetti di eseguire una lieve flessione d'anca in modo da favorire un maggiore allungamento del grande gluteo e una maggiore produzione di forza durante la fase di spinta. A questo punto si scende evitando di cadere direttamente sul ginocchio sovraccaricando quest'ultima articolazione. Avviene poi la fase di spinta vera e propria.





### **Walking Lunge Asimmetrico**

Si tratta di una variante di affondo che permette di stimolare maggiormente la coordinazione e la propriocezione. In questo esercizio il peso viene impugnato solo da una parte creando quindi una situazione di asimmetria di carico. Da questo ne determinerà una maggiore attivazione della muscolatura stabilizzatrice: muscoli adduttori, piccolo e medio gluteo, tensore della fascia lata e core.



### **Walking Lunge laterale**

Si tratta di una variante di affondo che rispecchia molto diversi movimenti che avvengono nel corso di una partita di calcio a 5. Infatti durante le partite capita spesso che i giocatori si trovino a eseguire una corsa laterale per avere una maggiore visione di gioco. Gli affondi laterali rispecchiano questa tipologia di corsa favorendo lo sviluppo di forza e di stabilità in tal senso.





- **Deadlift**

Lo stacco è un esercizio multiarticolare che consente lo sviluppo della forza di base e della massa muscolare attraverso una stimolazione globale del corpo. La sua esecuzione inizia dalla stazione eretta, i piedi leggermente divaricati (circa all'altezza delle spalle) ed extraruotati. Da qui l'obiettivo è scendere verso il basso mantenendo il corretto assetto della colonna e afferrare l'attrezzo utilizzato. La risalita deve avvenire non tanto immaginando di trazionare con le braccia l'oggetto afferrato, ma di spingere via il pavimento dai piedi. Può anche essere eseguito in appoggio monopodalico (one leg deadlift), richiedendo in questo caso una maggiore capacità di controllo e stabilizzazione.

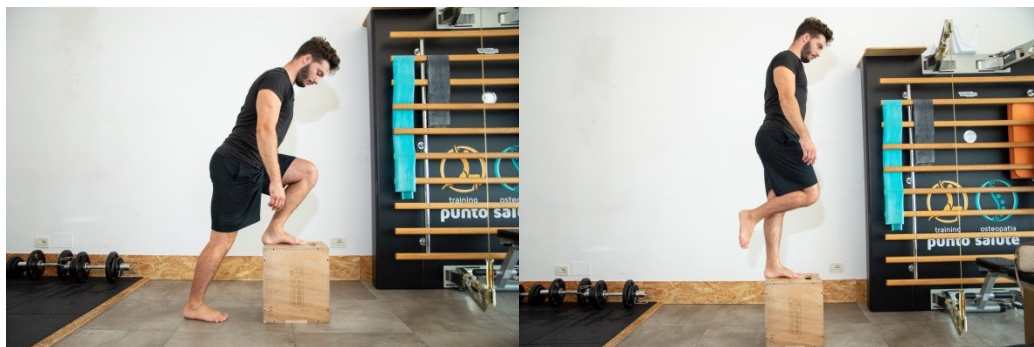


- **Step up**

Lo step up è un esercizio che viene eseguito con l'ausilio di un box oppure di uno step (o anche più semplice con una sedia). Esso consiste nel posizionarsi a circa 20 cm dal box, la gamba che si vuole allenare sopra a quest'ultimo. Si inizia a spostare il peso del corpo in avanti, attraverso una flessione dorsale della caviglia e una flessione avanti del busto, per evitare di spingere con l'arto posizionato posteriormente. A questo punto si esegue la spinta che deve avvenire unicamente con la gamba posizionata sopra al box. La posizione di arrivo è sopra all'attrezzo con anca e ginocchio estesi e l'arto che non lavora mantenuto in sospensione.

La peculiarità di questo esercizio è che esso risulta estremamente versatile in un protocollo riabilitativo:

- Regolare l'altezza dello step ci permette di determinarne la difficoltà. Da notare come a inizio programmazione l'esercizio venga eseguito su uno step basso per simulare anche il movimento di salita dei gradini;
- Eseguire il movimento con velocità di salita differenti; un gesto eseguito con un ritmo ed una cadenza maggiori favoriranno in misura maggiore lo sviluppo della forza esplosiva, mentre un'esecuzione più lenta e controllata andrà a lavorare maggiormente a livello della stabilità e del controllo.



- **Calf**

È uno dei pochi esercizi all'interno di questa lista che può essere definito come "non funzionale" in quanto si tratta di un movimento monoarticolare. Può essere utile nel nostro caso specifico in quanto agisce in modo diretto favorendo il rinforzo del Tricipite surale. Al classico esercizio di Calf può essere aggiunta una componente propriocettiva se eseguito sul bordo di un bosu.

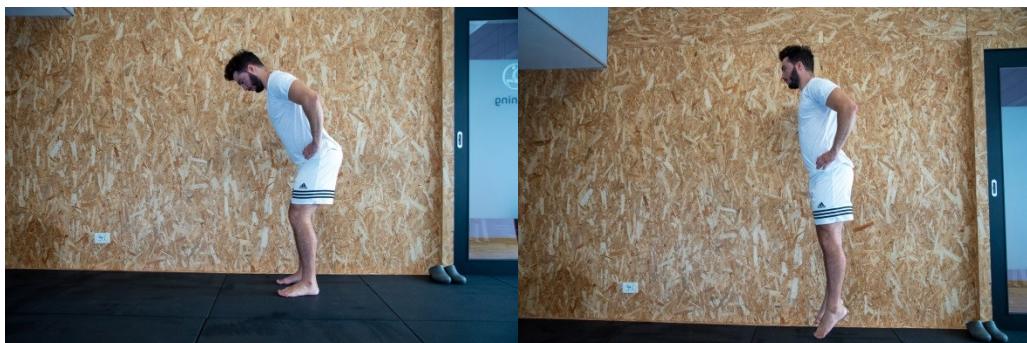


- **Salti e balzi**

Esercizi che risultano fondamentali in quanto altamente assimilabili ai movimenti eseguiti nel corso delle partite. Essi favoriscono il miglioramento della forza esplosiva degli atleti e insegnano a questi ultimi a eseguire movimenti rapidi in modo sicuro. Inoltre sono esercizi fondamentali in un programma di riabilitazione poiché preparano in modo specifico l'atleta alle situazioni di gara. Basti pensare a quanto è facile che una distorsione sia legata ad un rapido cambio di direzione in cui il soggetto non è stato in grado di controllare l'esplosività del gesto perdendo di conseguenza l'appoggio. Inoltre sono tutte proposte che consentono di sviluppare la potenza necessaria per incrementare la performance nel campo da gioco.

### **Ankle jumps**

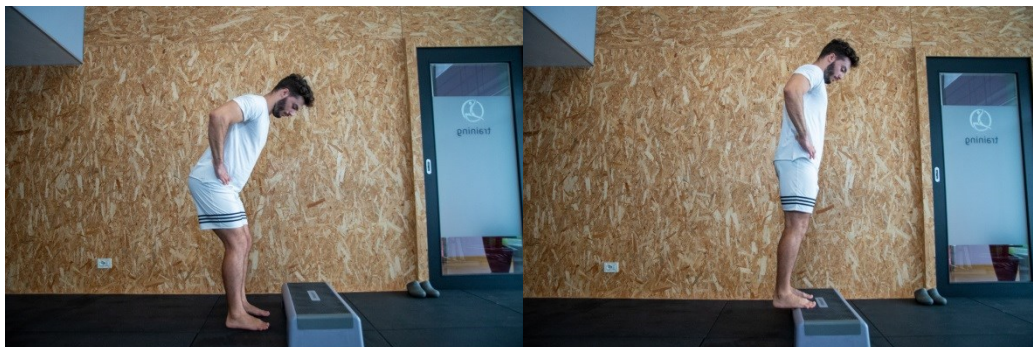
Si tratta di un esercizio che agisce direttamente a livello della muscolatura della caviglia, incrementandone la forza esplosiva e agendo dunque in modo specifico ai fini della prevenzione delle distorsioni. La posizione di partenza è la stazione eretta con le mani posizionate all'altezza delle anche. Da qui si inizia l'esercizio: una lieve flessione di ginocchio seguita da un salto verso l'alto determinato dalla rapida flessione plantare della caviglia e dall'estensione di ginocchio. Durante la fase di atterraggio è necessario ammortizzare per evitare danni alle articolazioni.





## Speed Jumps

Gli speed jumps possono essere considerati una variante degli ankle jumps. Vengono eseguiti di fronte ad uno step di basse dimensioni e l'obiettivo è salire e scendere dallo step il più rapidamente possibile attraverso dei balzelli.



## Zigzag jumps

Costituiscono un'altra proposta altamente sport-specifica in quanto il calcio a 5 è uno sport in cui la corsa è caratterizzata da continui cambi di direzione. L'esercizio consiste in una serie di balzi eseguiti in direzioni sempre diverse. I balzi possono essere bipodalici, monopodalici o monopodalici con variazione dell'arto di appoggio. La traiettoria da impartire al salto può anche essere indicata dall'istruttore all'ultimo istante prima del salto (attraverso input visivo o uditivo) per stimolare anche la capacità di reazione degli atleti.



## Squat jumps

Lo Squat jump è una variante esplosiva dello Squat. La fase iniziale del movimento rimane uguale a quella dello Squat classico, mentre a variare è la fase concentrica (risalita) che in questo caso verrà effettuata in modo più veloce e culminerà con un balzo. La fase di atterraggio deve essere eseguita in modo tale da favorire la giusta ammortizzazione: la punta del piede è la prima a toccare il suolo, seguito dalla pianta e dal tallone.



## **Tuck jump**

Il Tuck Jump si può considerare un'evoluzione dello squat jump in quanto il movimento di base rimane inalterato con la differenza che in questo esercizio è richiesta una maggiore esplosività in quanto il balzo eseguito dopo l'accosciata termina portando le ginocchia verso il petto.





## **Knee Jumps**

I Knee jumps sono un esercizio pliometrico che agisce a livello della catena estensoria dell'anca permettendo l'incremento della sua funzione di produttrice di forza esplosiva. Per eseguire l'esercizio correttamente è necessario mettersi in ginocchio e poggiare i glutei sui polpacci e i talloni. Con un movimento rapido e controllato si portino le braccia prima indietro, poi rapidamente in avanti e in alto mentre ci si dà contemporaneamente una spinta con le gambe per sollevarsi da terra. Usare le braccia in questo modo permetterà di darsi lo slancio necessario per sollevarsi da terra. Mentre si salta, cercare di portare le ginocchia al petto e poi atterrare in una posizione di squat profondo. Si completi la ripetizione tornando in posizione eretta. Una volta in posizione eretta, è necessario abbassarsi fino a tornare alla posizione iniziale in ginocchio.

## **Jump Lunge**

Si tratta di una variante pliometrica dell'affondo classico caratterizzata dall'esecuzione di un salto fra un affondo ed un altro. Consente di stimolare la maggior parte della muscolatura dell'arto inferiore incrementandone la potenza, chiamando in causa anche la muscolatura del core e consentendo il miglioramento della stabilità e della coordinazione dinamica.





Veniamo ora alle proposte di core training, ma prima di analizzarle una ad una è fondamentale spiegare l'importanza di esercizi di questo tipo in una programmazione post-infortunio. Anche se, apparentemente, non sembra essere legato all'argomento di tesi, gli esercizi di allenamento del core sono fondamentali nella prevenzione di tutti gli infortuni in quanto ci consentono di sviluppare la stabilità del nostro corpo durante il movimento. Il CORE può essere considerato come l'unità centrale del nostro corpo, uno snodo smistatore attraverso il quale passano tutti i percorsi cinetici. Interviene durante il movimento, e dunque durante l'attivazione di una o più catene muscolari, svolgendo compiti fondamentali quali mantenere l'equilibrio, sostenere la postura, favorire l'adattamento del gesto e opporsi a forze improvvise e inaspettate. Risulta dunque importantissimo il suo corretto funzionamento in un contesto preventivo in quanto consente di assorbire le forze, trasferirle e proiettarle verso le estremità. Infine permette di svolgere un compito motorio in maniera ottimale, con la velocità richiesta, con il timing migliore e minimizzando il sovraccarico muscolare e articolare.

### **Plank**

Il Plank è uno degli esercizi principali del core training. Esso consente di imparare a stabilizzare il corpo attraverso la corretta attivazione della muscolatura profonda e superficiale del core. Il Plank nella sua versione classica viene eseguito partendo da terra in posizione prona. I punti di appoggio sono i piedi e gli avambracci, i gomiti sono perpendicolari alle spalle e la colonna è nella sua posizione neutra. Il corpo si deve comportare come fosse una tavola quindi è fondamentale evitare che il soggetto mantenga la zona glutea e la bassa colonna troppo in alto o troppo in basso (evitare dunque di inarcare la schiena). Inoltre concentrarsi su mantenere lo sguardo verso il basso evitando di guardare avanti. Questo esercizio può anche essere eseguito con le braccia distese, in questo è fondamentale ricercare l'attivazione scapolare con le mani in spinta sul pavimento. Oltre alla versione classica esistono anche diverse varianti.

One leg plank: esecuzione che prevede il sollevamento di uno dei due piedi da terra, con una maggiore richiesta di stabilizzazione.

Arm walking plank: dalla posizione di plank a braccia tese si inizia a “camminare” in avanti con le mani.

Plank in avanzamento: dalla posizione di plank a braccia tese si inizia a spostarsi nello spazio. L'obiettivo è mantenere la corretta posizione di plank anche durante lo spostamento.



## Side plank

Il side plank è una variante di plank caratterizzato da un maggiore coinvolgimento dei muscoli obliqui. Dalla posizione di decubito laterale si solleva il corpo da terra mantenendo come punti di contatto con il suolo l'avambraccio, il gomito e la superficie laterale del piede. Il piede controlaterale può prendere contatto con il suolo incrociando davanti all'altra gamba oppure può essere sovrapposto all'altro. Per incrementare ulteriormente la difficoltà e la richiesta di stabilizzazione la gamba non a contatto con il suolo può anche essere sollevata verso l'alto e stessa cosa vale per il braccio. Anche in questo esercizio è fondamentale cercare di mantenere una linea ideale fra spalla, anca, ginocchio e caviglia, senza ruotare il bacino.

Esiste infine anche una variante dinamica che consiste nel portare il bacino verso il terreno per poi risollestando, sempre mantenendo l'allineamento fra le 4 articolazioni sopra citate



## **Deadbug**

Il deadbug è un esercizio per l'allenamento del core fondamentale nell'ottica di una preparazione atletica in quanto consente non solo di favorire la stabilità, ma anche di allenare uno dei movimenti primordiali dell'uomo ovvero l'azione di ruotare su se stessi, fondamentale in uno sport di situazione quale il calcio a 5. La variante classica prevede la partenza dalla posizione supina con braccia e gambe perpendicolari al terreno e ginocchia flesse 90°. Da questa posizione si deve cercare di scendere lateralmente controllando il più possibile la fase di discesa, per poi cercare di ritornare alla posizione di partenza aiutandosi il meno possibile con gli arti superiori e inferiori (cercando dunque di sfruttare la forza del core). Questo esercizio può anche essere eseguito con un braccio e una gamba opposti distesi, ginocchio e gomito controlaterali sono in contatto fra loro.

Un'altra proposta consiste nel partire con le braccia e le gambe distese e rotolare cercando di sfruttare unicamente la forza del tronco. In quest'ultimo caso è possibile anche lavorare in coppia: il compagno ci fornirà un punto di riferimento (con un bastone o un altro attrezzo) da raggiungere stimolando in tal modo la forza della muscolatura stabilizzatrice (necessaria per rotolare e raggiungere il punto stabilito), il sistema visivo-vestibolare (fondamentale per localizzare il punto da raggiungere) e la capacità di problem solving (cercare di raggiungere l'obiettivo nel modo più semplice possibile).









## Crawling

Il crawling, oltre a costituire un ottimo esercizio per la stimolazione del core, si presenta fondamentale in quanto insegna agli atleti a muoversi nello spazio allenando in maniera marcata la coordinazione crociata essenziale nella maggior parte delle discipline. Il crawling statico è caratterizzato dalla posizione di quadrupedia con le ginocchia sollevate. La componente dinamica è invece determinata dal movimento nello spazio (avanti/dietro, lateralmente e in diagonale) cercando di mantenere l'assetto iniziale. Anche in questo esercizio è possibile lavorare in coppia con diversi strumenti: un esempio può essere cercare di schivare una pallina legata ad una corda e fatta dondolare dal nostro partner.



## Hollow position

La hollow position è un esercizio isometrico fondamentale per lo sviluppo della forza, l'incremento della stabilità e il miglioramento del controllo del proprio corpo. L'esecuzione consiste nel partire sdraiati supini, sollevare le gambe e la parte superiore della colonna dal suolo (la zona lombare resta in contatto con quest'ultimo), le braccia vengono mantenute verso l'alto. Si tratta di una proposta di allenamento per il core altamente modulabile e adeguabile al livello del soggetto a cui viene proposto:

- Per diminuire l'intensità è possibile flettere le ginocchia e portare le braccia a lato del corpo;
- Per incrementare l'intensità è sufficiente abbassare il più possibile le gambe verso il terreno (senza perdere l'assetto della zona lombare) e portare le braccia verso l'alto con la zona scapolare sollevata dal terreno.





## Bird dog

Il bird dog è un esercizio che consiste nel sollevare braccio e gamba opposti da diverse posizioni con l'obiettivo di incrementare la stabilizzazione del nostro corpo. Può essere eseguito da terra, in quadrupedia o dalla posizione di plank a braccia tese.



Terminiamo la descrizione degli esercizi inseriti nella programmazione parlando della componente propriocettiva. L'allenamento propriocettivo è parte integrante dell'allenamento neuromuscolare ed è costituito da esercizi che permettono di agire direttamente aumentando la stabilità della caviglia e degli arti inferiori in generale.

L'obiettivo, come indicato in precedenza, è ripristinare la deambulazione e favorire il miglioramento dell'appoggio del piede sul terreno e dell'equilibrio in generale, per tale motivo in questa programmazione si è cercato di utilizzare il meno possibile attrezzi di instabilità (tavolette propriocettive, bosu...), ma fornire agli atleti stimoli su superfici stabili andando a lavorare su diversi feedback visivi, vestibolari e recettoriali. La parte relativa a questi esercizi, ma non solo, deve essere eseguita a piedi scalzi per garantire il miglior recupero possibile.

- Camminare sulle punte, sui talloni o sulla superficie laterale del piede;
- Camminare lungo una linea posizionando ad ogni passo il tallone subito dopo la punta del piede appoggiato precedentemente;
- Camminare lungo una corda o lungo dei cerchi ad occhi chiusi;





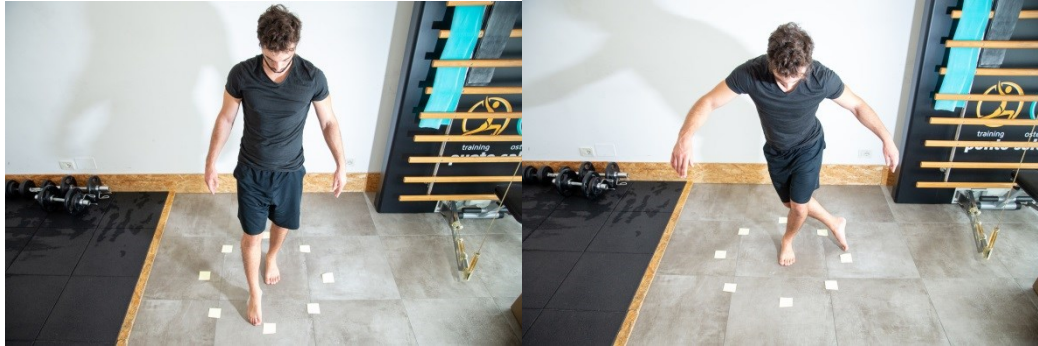
- Camminare su superfici diverse: erba, sassolini..  
Può essere molto utile per ripristinare in maniera completa la deambulazione, per aumentare la stabilità dell'arto infortunato e anche aumentarne la sensibilità;
- Camminare incrociando le gambe posizionando dunque un piede attaccato all'altro;
- Equilibrio monopodalico con svolgimento di un compito ovvero un esercizio distrattivo da eseguire mentre si rimane in appoggio su una sola gamba, oppure più semplicemente chiedere al soggetto di chiudere gli occhi;



- In equilibrio monopodalico, flettere anca e ginocchio e cercare di afferrare un oggetto a terra. Risalire e poi riportarlo a terra ma in una posizione diversa dalla precedente;



- Star Excursion Balance Test: Posizioniamo 8 oggetti come nella foto e ci posizioniamo al centro. L'obiettivo è rimanere in equilibrio monopodale con l'arto infortunato e con l'altro andare a toccare gli 8 punti in modo lento e controllato;



- Towel Scrunches: Avvicinare verso di noi degli strappi di rotolo di carta posizionati sotto al piede;



- Dalla posizione di quadrupedia far scivolare il piede in più direzioni possibili sfruttando sia la pianta che il dorso del piede;
- In equilibrio monopodale raggiungere con l'arto sospeso un punto indicato dall'allenatore con un bastone, oppure spostarlo nella direzione di dove si sente uno stimolo sonoro fornito sempre dall'allenatore;
- In equilibrio monopodale disegnare dei cerchi per terra con l'arto in sospensione sfiorando il suolo;

- Ruotare il piede passando sopra ad una pallina da tennis sfruttando movimenti rotatori e di flessione plantare e dorsale;



- Saltelli su un solo piede con rotazioni di 180°.

### **Note finali**

Attraverso questo progetto di tesi è stato dunque possibile approfondire il tema delle distorsioni di caviglia e dell'allenamento neuromuscolare come strumento riabilitativo e preventivo. L'analisi della letteratura scientifica ci ha permesso di dimostrare come, in più occasioni, questa tipologia di esercizio si sia dimostrata efficace nella prevenzioni degli infortuni nello sport. Inoltre l'analisi da me effettuata sul territorio ha evidenziato come un protocollo di questo tipo venga utilizzato in un numero limitato di situazioni. Tuttavia dalle interviste è anche emerso che la maggior parte dei soggetti che hanno lavorato in tal senso per recuperare da una distorsione non sono andati incontro a recidive (pensiamo al caso di V.C., sopra riportato).

Tutto ciò ci permette di presupporre che operare nel lungo termine attraverso protocolli riabilitativi oppure preventivi funzionali può essere realmente utile, evitando così di dover assistere, nel corso di una stagione, a frequenti infortuni

(fra cui le distorsioni). Affermare che un programma di allenamento neuromuscolare sottrae tempo alla restante preparazione tecnico-tattica è giusto, ma non è altrettanto negativo avere uno o più atleti impossibilitati ad allenarsi e a partecipare alle competizioni per via degli infortuni?

È sulla risposta a tale domanda che si è basato il presente progetto di tesi e il programma riabilitativo proposto nell'ultimo capitolo.

Uno sviluppo ulteriore di questo elaborato potrebbe essere l'applicazione del programma ad un gruppo di atleti per valutarne l'efficacia in termini di riduzione degli infortuni e incremento della performance.

## BIBLIOGRAFIA

- 1) Gray H, Barni T, Standring S. Anatomia del Gray : le basi anatomiche per la pratica clinica. 40. ed. ristampa, Edra Masson, 2014.
- 2) Kapandji IA, Pagani PA. 2: Arto inferiore : l'anca, il ginocchio, la caviglia, il piede, la volta plantare. Ed. italiana dalla 5. francese / a cura di E. Denaro. ; rev. della trad. italiana a cura di Paolo Alberto Pagani, Maloine Monduzzi, 2004.
- 3) Pasquetti P, Mascherini V. Riabilitare l'atleta infortunato, Edi-Ermes, 2007.
- 4) Carubelli C, Meinecke C. Riabilitazione ortopedica, Edi- Ermes, 2009.
- 5) Zeppilli P, Zeppilli P. Manuale di medicina dello sport : con elementi di traumatologia e pronto soccorso per gli studenti di scienze motorie. 3. ed, CESI, 2011.
- 6) Bridgman SA, Clement D, Downing A, Walley G, Phair I, Maffulli N. Population based epidemiology of ankle sprains attending accident and emergency units in the West Midlands of England, and a survey of UK practice for severe ankle sprains. *Emerg Med J.* 2003;20(6):508–510.
- 7) Waterman BR, Owens BD, Davey S, Zacchilli MA, Belmont PJ Jr. The epidemiology of ankle sprains in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(13):2279–2284.
- 8) Roos KG, Kerr ZY, Mauntel TC, Djoko A, Dompier TP, Wikstrom EA. The epidemiology of lateral ligament complex ankle sprains in National Collegiate Athletic Association sports. *Am J Sports Med.* 2017;45(1):201–209.
- 9) Tyler TF, McHugh MP, Mirabella MR, Mullaney MJ, Nicholas SJ. Risk factors for noncontact ankle sprains in high school football players: the role of previous ankle sprains and body mass index. *Am J Sports Med.* 2006;34(3):471–475.
- 10) Gribble PA, Terada M, Beard MQ, et al. Prediction of lateral ankle sprains in football players based on clinical tests and body mass index. *Am J Sports Med.* 2016;44(2):460–467.

- 11)Verhagen EA, van Tulder M, van der Beek AJ, Bouter LM, van Mechelen W. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br J Sports Med.* 2005;39(2):111–115.
- 12)Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Intrinsic risk factors of noncontact ankle sprains in soccer: a prospective study on 100 professional players. *Am J Sports Med.* 2012;40(8):1842–1850.
- 13)Tropp H, Ekstrand J, Gillquist J. Stabilometry in functional instability of the ankle and its value in predicting injury. *Med Sci Sports Exerc.* 1984; 16:64–66.
- 14)Watson AW. Ankle sprains in players of the field-games Gaelic football and hurling. *J Sports Med Phys Fitness.* 1999;39:66–70.
- 15)McGuine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med.* 2000; 10:239–244.
- 16)Dahle LK, Mueller MJ, Delitto A, Diamond JE. Visual assessment of foot type and relationship of foot type to lower extremity injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991;14:70–74.
- 17)Glick JM, Gordon RB, Nishimoto D. The prevention and treatment of ankle injuries. *Am J Sports Med.* 1976;4:136–141.
- 18)Beynon BD, Renstrom PA, Alosa DM, Baumhauer JF, Vacek PM. Ankle ligament injury risk factors: a prospective study of college athletes. *J Orthop Res.* 2001;19:213–220.
- 19)Barrett JR, Tanji JL, Drake C, Fuller D, Kawasaki RI, Fenton RM. High versus low-top shoes for the prevention of ankle sprains in basketball players: a prospective randomized study. *Am J Sports Med.* 1993;21:582–585.
- 20)Ekstrand J, Gillquist J. Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15:267–270.
- 21)Sitler MR, Ryan J, Wheeler B, et al. The efficacy of a semirigid ankle stabilizer to reduce acute ankle injuries in basketball: a randomized clinical study at West Point. *Am J Sports Med.* 1994;22:454–461.



- 22)Doherty C, Delahunt E, Caulfield B, Hertel J, Ryan J, Bleakley C. The incidence and prevalence of ankle sprain injury: a systematic review and meta-analysis of prospective epidemiological studies. *Sports Med.* 2014;44(1):123–140.
- 23)Williams, J. G. P. "Aetiologic classification of sports injuries." *Br J Sports Med* 4.228-230 (1971).
- 24)Lindenfeld T, Schmitt D, Hendy M, Mangine R, Noyles F. Incidence of injury in indoor soccer. *Am J Sports Med.* 1994;22:364-371.
- 25)Myer GD, Faigenbaum AD, Ford KR, Best TM, Bergeron MF, Hewett TE. When to initiate integrative neuromuscular training to reduce sports-related injuries and enhance health in youth? *Curr Sports Med Rep.* 2011 May-Jun;10(3):155-66.
- 26)Tropp H, Askling C, Gilquist J. Prevention of ankle sprains. *Am J Sports Med.* 1985;13:259-261.
- 27)Docherty CL, Moore JH, Arnold BL. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankles. *Journal of Athletic Training* 1998;33(4):310–4. [PUBMED: 16558526]
- 28)Holme E, Magnusson SP, Becher K, Bieler T, Aagaard P, Kjaer M. The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain. *Scand J Med Sci Sports* 1999; 9: 104-109 [PMID: 10220845 DOI: 10.1111/j.1600-0838.1999.tb00217.x]
- 29)Verhagen EALM, van Mechelen W, de Vente W. The effect of preventive measures on the incidence of ankle sprains. *Clin J Sport Med.* 2000;10:291-296.
- 30)Heidt RS Jr, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med.* 2000;28:659-662.
- 31)Malliou P, Gioftsidou A, Pafis G, Beneka A, Godolias G. Proprioceptive training (balance exercises) reduces lower extremity injuries in young

- soccer players. *J. Back Musculoskelet. Rehabil.* 17, 101–104. doi: 10.3233/BMR-2004-173-403
- 32) McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. *Am J Sports Med.* 2006 Jul;34(7):1103-11. doi: 10.1177/0363546505284191. Epub 2006 Feb 13. PMID: 16476915.
- 33) Mohammadi F. Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *Am J Sports Med.* 2007;35(6):922–6.
- 34) Hale SA, Hertel J, Olmsted-Kramer LC. The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007 Jun;37(6):303-11. doi: 10.2519/jospt.2007.2322. PMID: 17612356.
- 35) Kidgell DJ, Horvath DM, Jackson BM, Seymour PJ. Effect of six weeks of dura disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2007;21(2):466–9. [PUBMED: 17530947 ]
- 36) Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of injuries among male soccer players: a prospective, randomized intervention study targeting players with previous injuries or reduced function. *Am J Sports Med.* 2008 Jun;36(6):1052-60. doi: 10.1177/0363546508314432. Epub 2008 Apr 3. PMID: 18390492.
- 37) Soligard T, Myklebust G, Steffen K, et al. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2008;337:1–9.
- 38) Emery CA, Meeuwisse WH. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med.* 2010 Jun;44(8):555-62. doi: 10.1136/bjism.2010.074377. PMID: 20547668.
- 39) LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim KY, Peng J, Christoffel KK. Effect of neuromuscular warm-up on injuries in female soccer and

- basketball athletes in urban public high schools: cluster randomized controlled trial. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2011 Nov;165(11):1033-40. doi: 10.1001/archpediatrics.2011.168. Erratum in: *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2012 Jan;166(1):73. PMID: 22065184.
- 40) Janssen KW, van Mechelen W, Verhagen EA. Ankles back in randomized controlled trial (ABrCt): braces versus neuromuscular exercises for the secondary prevention of ankle sprains. Design of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011 Sep 27;12:210. doi: 10.1186/1471-2474-12-210. PMID: 21951559; PMCID: PMC3195211.
- 41) Hall EA, Docherty CL, Simon J, Kingma JJ, Klossner JC. Strength-training protocols to improve deficits in participants with chronic ankle instability: a randomized controlled trial. *J Athl Train.* 2015 Jan;50(1):36-44. doi: 10.4085/1062-6050-49.3.71. Epub 2014 Nov 3. PMID: 25365134; PMCID: PMC4299733.
- 42) Kim K, Jeon K. Development of an efficient rehabilitation exercise program for functional recovery in chronic ankle instability. *J Phys Ther Sci.* 2016 May;28(5):1443-7. doi: 10.1589/jpts.28.1443. Epub 2016 May 31. PMID: 27313347; PMCID: PMC4905886.
- 43) Roessler R, Junge A, Bizzini M, et al. A multinational cluster randomised controlled trial to assess the efficacy of "11p kids": a warm-up programme to prevent injuries in children's football. *Sports Med.* 2018; 48(6):1493-1504.
- 44) Huang PY, Jankaew A, Lin CF. Effects of Plyometric and Balance Training on Neuromuscular Control of Recreational Athletes with Functional Ankle Instability: A Randomized Controlled Laboratory Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2021 May 15;18(10):5269. doi: 10.3390/ijerph18105269. PMID: 34063454; PMCID: PMC8156931.
- 45) Hilska M, Leppänen M, Vasankari T, Aaltonen S, Kannus P, Parkkari J, Steffen K, Kujala UM, Konttinen N, Räsänen AM, Pasanen K. Neuromuscular Training Warm-up Prevents Acute Noncontact Lower Extremity Injuries in Children's Soccer: A Cluster Randomized Controlled

- Trial. Orthop J Sports Med. 2021 Apr 28;9(4):23259671211005769. doi: 10.1177/23259671211005769. PMID: 35146027; PMCID: PMC8822004.
- 46) Bonnel F, Toullec E, Mabit C, Tourné Y; Sofcot. Chronic ankle instability: biomechanics and pathomechanics of ligaments injury and associated lesions. Orthop Traumatol Surg Res. 2010 Jun;96(4):424-32. doi: 10.1016/j.otsr.2010.04.003. Epub 2010 May 20. PMID: 20493797.
- 47) <https://www.physiolifevelletri.it/riabilitazione-caviglia/muscoli-anatomia-caviglia/>
- 48) <https://www.scienzemotorie.com/assi-e-piani-del-movimento-umano/>
- 49) <https://progettopostura.wordpress.com/2016/08/18/il-piede/>
- 50) <https://it.thpanorama.com/blog/ciencia/qu-es-la-plantiflexin.html>
- 51) <https://danielebarnabei.it/articoli/caviglia-e-piede/224-distorsione-della-caviglia.html>
- 52) <https://www.osteoclinic.it/infortuni/distorsione-alla-caviglia/>