

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

**FATTORI DI RISCHIO E PREVENZIONE DEGLI INFORTUNI AL  
LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE NEL CALCIO**

Relatore: Marcolin Giuseppe

Correlatore: Sartori Maurizio

Laureando: Kajganic Gregor

N° di matricola: 2011722

Anno Accademico 2023/2024



## INDICE

Sommario	
Capitolo 1 – PREMESSA .....	3
Capitolo 2 – ANATOMIA DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE .....	4
2.1 L’articolazione del ginocchio .....	4
2.2 Macroanatomia del legamento crociato anteriore .....	5
2.3 Microanatomia del legamento crociato anteriore .....	8
2.4 Innervazione del legamento crociato anteriore.....	13
2.5 Vascolarizzazione del legamento crociato anteriore .....	15
2.6 Biomeccanica del legamento crociato anteriore.....	16
Capitolo 3 – EPIDEMIOLOGIA DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE NEL CALCIO.....	18
3.1 Epidemiologia nel calcio .....	18
3.2 Epidemiologia del campionato di Serie A italiana .....	20
3.2.1 caratteristiche dei giocatori.....	21
3.2.2 Tasso di incidenza.....	22
3.2.3 Distribuzione delle lesioni del legamento crociato anteriore.....	24
3.2.4 Influenza della posizione in classifica della squadra.....	24
Capitolo 4 – FATTORI DI RISCHIO CHE INFLUENZANO LA LESIONE DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE .....	26
4.1 MECCANISMI DI LESIONE.....	26
4.1.1 EZIOPATOGENESI.....	28
4.2 DINAMICA DEL CORPO .....	29
4.2.1 caviglia e piede .....	29
4.2.2 cinematica tibiofemorale.....	31
4.2.3 Abduzione del ginocchio (valgo).....	32
4.2.4 ruolo del quadricipite .....	32
4.2.5 Affaticamento muscolare.....	34
4.3 FATTORI DI RISCHIO AMBIENTALI .....	34
Capitolo 5 – PREVENZIONE DELLA LESIONE AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE .....	37
5.1 PROPRIOCETTIVITA’ .....	37

5.1.1 Propriocezione e articolazione del ginocchio e caviglia.....	37
5.2 BALANCE TRAINING .....	39
5.3 RUOLO MUSCOLARE.....	42
5.3.1 Componente plyometrica.....	43
5.3.2 stabilizzatori del tronco.....	44
5.4 FIFA 11+ .....	45
Capitolo 6 – CONSIDERAZIONI FINALI.....	50
Capitolo 7- RINGRAZIAMENTI.....	52
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>54</b>

## Capitolo 1 – PREMESSA

Durante la stagione calcistica 2015/2016, nella massima serie del campionato giovanile U15 “giovannissimi U15 nazionali”, presso la società sportiva F.C. INTERNAZIONALE, fui il protagonista in prima persona della lesione al legamento crociato anteriore in seguito ad una situazione di gioco da non contatto diretto.

Sfortunatamente lo stesso episodio avvenne una seconda volta durante la stagione calcistica 2017/2018 presso la società sportiva FC VENEZIA, nel corso di una competizione disputata nella massima serie del campionato giovanile U17 “allievi U17 nazionali” in seguito ad una situazione di gioco da contatto diretto.

Da qui nasce la mia curiosità nel comprendere tutti quei meccanismi che influenzano la lesione del legamento crociato anteriore, oltre ai programmi preventivi che la possono limitare.

Per tale motivo l’obiettivo di questa tesi è quello di capire e comprendere innanzitutto l’anatomia del legamento crociato anteriore, oltre a tutti quei fattori di rischio che influenzano la sua lesione e i programmi preventivi che possono limitarne il trauma.

## 2.1 L'articolazione del ginocchio

Il ginocchio si distingue per la sua ottimale adattabilità alle complesse forze e ai diversi carichi che agiscono sull'articolazione. Tuttavia, la sua anatomia si caratterizza per una significativa variabilità, in cui la costante preminente risiede nella complessa funzione che emerge dall'interazione armoniosa di diverse strutture anatomiche. Tra queste spiccano le componenti ossee quali femore, tibia, rotula e perone, unite e completate dai legamenti, tendini, muscoli e dalla capsula articolare. In generale, il funzionamento efficace del ginocchio si configura come il risultato di una sinergia, in cui varie strutture anatomiche collaborano in modo intrinseco per garantire una corretta esecuzione delle molteplici funzioni articolari.

L'articolazione del ginocchio è composta da diverse componenti anatomiche distinte tra cui, l'articolazione tibiofemorale mediale, l'articolazione tibiofemorale laterale, l'articolazione femororotulea e l'articolazione tibioperoneale prossimale. La stabilità passiva dell'articolazione del ginocchio è garantita da numerosi legamenti che contribuiscono a conferire resistenza in tutte le direzioni<sup>1</sup>

In particolare, l'articolazione è stabilizzata attraverso il legamento collaterale mediale, il legamento collaterale laterale, il legamento crociato posteriore e il legamento crociato anteriore (ACL). I menischi mediale e laterale svolgono la funzione di ammortizzatori, distribuendo in modo uniforme il peso durante ogni passo o movimento di rotazione.

---

<sup>1</sup> Hirschmann MT, Müller W. Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2780-2788. doi:10.1007/s00167-015-3619-3

L'ACL rappresenta la struttura principale di stabilizzazione del ginocchio, originando dalla porzione posteriore del femore e dirigendosi medialmente prima di inserirsi sulla parte anteriore della tibia.<sup>2</sup>

L'articolazione in questione si caratterizza come un ginglymo angolare e i principi fondamentali della cinematica dell'articolazione del ginocchio sono identificabili nei concetti di rotolamento, scivolamento e rotazione.

Il movimento rotatorio a sua volta consiste in flessione–estensione, movimento interno–esterno e varo–valgo. Parallelamente il movimento traslatorio si manifesta in direzione antero-posteriore e mediale-laterale.<sup>3</sup>

## **2.2 Macroanatomia del legamento crociato anteriore**

Il legamento crociato anteriore (ACL) costituisce una struttura anatomica caratterizzata da un tessuto connettivo denso. La sua connessione con l'osso femorale presenta una configurazione che può essere paragonata ad un semicerchio orientato verticalmente. È importante notare che il punto di attacco osseo si trova nella parte posteriore della superficie interna del condilo femorale laterale. .

Le dimensioni dell'attacco osseo del legamento crociato anteriore (ACL) possono variare in un intervallo compreso tra i 11 e i 24 mm di diametro. Originandosi dal punto di attacco femorale, l'ACL si estende in modo anteriore, mediale e distale rispetto alla tibia. La sua lunghezza presenta una variazione compresa tra 22 e 41 mm, con una media di 32 mm, mentre la sua larghezza oscilla tra 7 e 12 mm (Fig.1)

La sezione trasversale del legamento crociato anteriore (ACL) presenta una forma “irregolare”, contrariamente ad una configurazione circolare, ellittica o di qualsiasi altra forma geometrica semplice. Questa forma mostra variazioni in relazione

---

<sup>2</sup> Cimino, Francesca et al. “Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention.” *American family physician* vol. 82,8 (2010): 917-22.

<sup>3</sup> Hirschmann MT, Müller W. Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(10):2780-2788. doi:10.1007/s00167-015-3619-3

all'angolo di flessione, presentando generalmente una maggiore ampiezza nella direzione antero-posteriore. Un aspetto distintivo è il suo aumento progressivo dell'area dalla porzione prossimale a quella distale, seguendo i valori: 34 mm<sup>2</sup> nella zona prossimale, 33 mm<sup>2</sup> nella zona medioproximale, 35 mm<sup>2</sup> nella zona mediale, 38 mm<sup>2</sup> nella zona mediodistale e 42 mm<sup>2</sup> nella porzione distale (Fig.1).

Le fibre del legamento crociato anteriore (ACL) si configurano in un modello a ventaglio man mano che si avvicinano al loro punto di inserzione tibiale. Queste fibre si inseriscono in una depressione posizionata anteriormente e lateralmente rispetto alla spina tibiale mediale. È rilevante notare che alcune estensioni dell'ACL possono confluire sia con l'attacco del corno anteriore che con quello posteriore del menisco laterale, suggerendo una connessione anatomica e funzionale complessa tra il legamento e le strutture adiacenti.

Dal punto di vista funzionale, Girgis et al. hanno suddiviso il legamento crociato anteriore (ACL) in due componenti distintive: (Fig. 2)

- Il fascio anteromediale (AMB).
- Il fascio posterolaterale (PLB).

I fascicoli dell'AMB originano dalla porzione più anteriore e prossimale dell'attacco femorale, inserendosi sulla parte anteromediale dell'attacco tibiale. In contrasto i fascicoli del PLB hanno origine nella regione postero-distale dell'attacco femorale e si connettono sulla parte posterolaterale dell'attacco tibiale. È da notare che il PLB è caratterizzato da un maggior numero di fascicoli rispetto all'AMB.

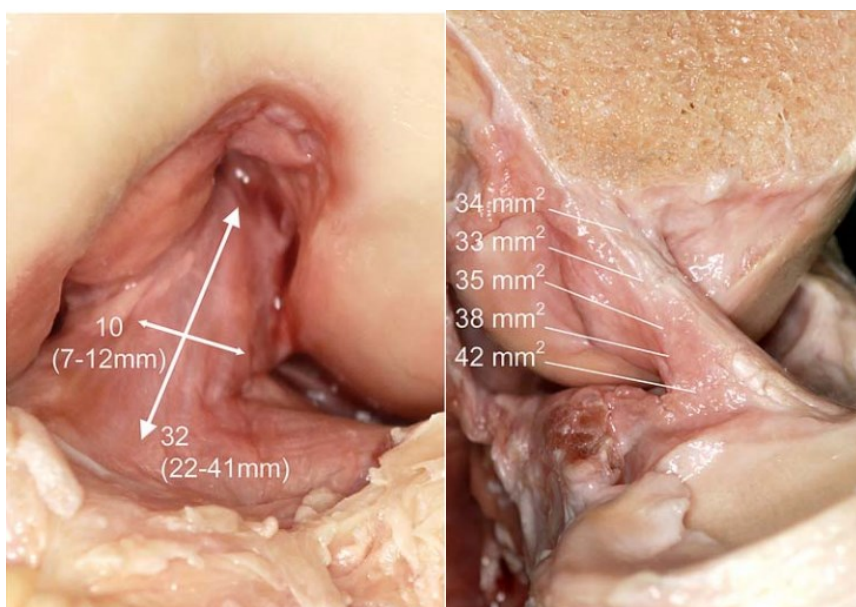
Durante l'estensione del ginocchio, i fasci del legamento crociato anteriore (ACL) seguono un percorso relativamente parallelo, osservato in una prospettiva sagittale. Tuttavia con la flessione del ginocchio si manifesta una leggera rotazione laterale dell'intero legamento attorno al suo asse longitudinale, dando inizio a una spirale del fascio AMB intorno al resto del legamento (Fig. 2). Questo movimento relativo tra i due fasci è attribuibile all'orientamento specifico delle inserzioni ossee dell'ACL.

Durante la completa estensione, emerge una notevole disparità di lunghezza tra il fascio anteromediale (AMB) di 34 mm e il fascio posterolaterale (PLB) di 22,5 mm.

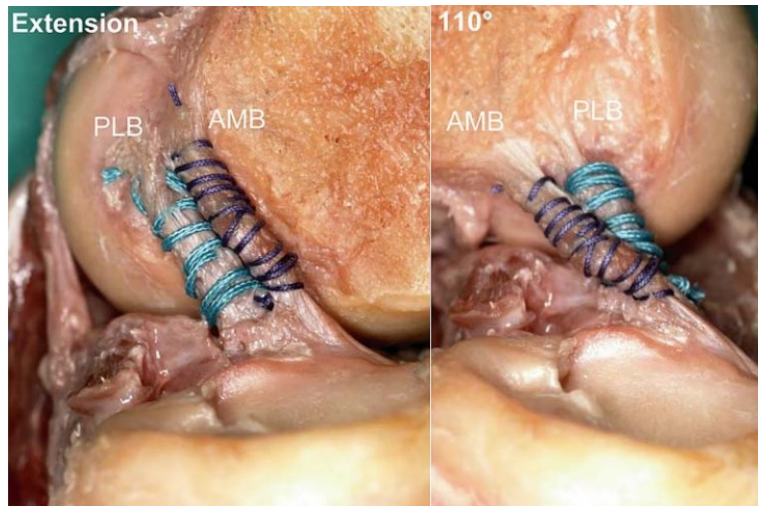


È importante notare che i due fasci non mantengono una lunghezza costante durante il movimento di flessione ed estensione del ginocchio. Hollins et al. hanno dimostrato che l'AMB si allunga e si restringe in flessione, mentre il PLB si accorcia.

Studi condotti da Amis e Dawkins hanno ulteriormente documentato che oltre i 90° di flessione del ginocchio, il fascio AMB continua ad allungarsi, mentre il fascio PLB si contrae man mano che si avvicina alla completa flessione. Questa dinamica rappresenta un aspetto interessante della biomeccanica del legamento crociato anteriore, sottolineando la complessità dei cambiamenti nella lunghezza dei fasci in risposta ai diversi angoli di flessione del ginocchio.



*Figura 1: vista frontale del ginocchio che mostra l'ACL nell'incisura intercondiloidea femorale*



*Figura 2: L'AMB e il PLB non mantengono la stessa lunghezza durante la flessione del ginocchio. Quando il ginocchio si flette l'AMB si accorcia, mentre il PLB si rilassa. Oltre i 110° gradi di flessione l'AMB inizia a girare attorno al resto del legamento facendo sì che i due fasci non siano più paralleli.*

### **2.3 Microanatomia del legamento crociato anteriore**

Dal punto di vista microscopico, è possibile individuare tre distinte regioni all'interno del legamento crociato anteriore (ACL)

1. La parte prossimale è caratterizzata da una struttura meno compatta, ma altamente cellulare. Questa zona presenta un'elevata densità di cellule rotonde ed ovoidali. Tra queste cellule, si osservano anche fibroblasti fusiformi, che svolgono un ruolo chiave nella sintesi e nella manutenzione della matrice extracellulare. La composizione della matrice extracellulare in questa regione è principalmente costituita da collagene di tipo 2, conferendo al tessuto una certa elasticità. In aggiunta, sono presenti glicoproteine come la fibronectina e la laminina, che contribuiscono all'adesione cellulare e alla stabilità strutturale. Queste componenti collaborano sinergicamente per fornire alla parte prossimale dell'ACL le caratteristiche necessarie per adempiere alle sue specifiche funzioni biomeccaniche all'interno dell'articolazione. (Fig. 4a)

2. La porzione centrale del tessuto presenta una concentrazione elevata di fibroblasti fusiformi e fibroblasti a forma di fuso (Fig. 5a), contribuendo alla sintesi e alla gestione della matrice extracellulare. Questa regione è caratterizzata da un'intensa densità di fibre di collagene, fornendo al tessuto una robustezza e una resistenza meccanica essenziali.

Inoltre, all'interno di questa zona, si trova una regione contenente cartilagine e fibrocartilagine. Le fibre elastiche e oxytalan sono presenti in modo significativo. Le fibre oxytalan dimostrano una resistenza a sollecitazioni multidirezionali di entità moderata, mentre le fibre elastiche sono in grado di assorbire sollecitazioni massime ricorrenti.

Data la presenza di fibroblasti e fibroblasti a forma di fuso (Fig. 4b) questa zona viene spesso indicata come "zona fusiforme". Questa zona specifica del tessuto è essenziale per la sua capacità di adattarsi a diverse sollecitazioni biomeccaniche e di mantenere la stabilità strutturale nell'ambito delle funzioni dell'articolazione.

3. La porzione distale, caratterizzata dalla sua consistenza robustezza, presenta un elevato numero di condroblasti e fibroblasti (Fig 5b). Questi elementi cellulari contribuiscono alla struttura e alla funzionalità della zona. Inoltre si osserva una ridotta densità di fasci di collagene in questa regione.

Il legamento crociato anteriore (LCA) mostra una microstruttura affine simile a quella di altri tessuti connettivi molli. È composto da fasci multipli, in cui l'elemento fondamentale è rappresentato dal collagene. Questi fasci sono avvolti da tessuto connettivo come il paratenone. Ogni fascicolo si suddivide ulteriormente in 3-20 sottofascicoli, ognuno dei quali è circondato da tessuto connettivo lasso denominato endotenone.

I sottofascicoli, a loro volta, sono costituiti da fibre, le quali sono composte da fibrille di collagene. Questa complessa organizzazione conferisce all'ACL la robustezza e la resistenza necessarie per svolgere la sua funzione cruciale nella stabilizzazione dell'articolazione. Il tessuto connettivo circostante, come il paratenone e l'endotenone, fornisce supporto strutturale, mentre le fibrille di collagene all'interno delle fibre e dei sottofascicoli conferiscono al legamento la

forza e la flessibilità necessarie per resistere alle sollecitazioni biomeccaniche durante l'attività fisica e il movimento articolare.

Strocchi et al. hanno descritto due tipi di fibrille:

- Il primo tipo di fibrille costituisce circa il 50,3% dell'intero legamento crociato anteriore (LCA) ed è prodotto attivamente dai fibroblasti. Queste fibrille dalle dimensioni significative e dalla struttura disomogenea sono specializzate per resistere a sollecitazioni di trazioni elevate.
- Il secondo tipo di fibrille rappresenta circa il 43,7% dell'intero legamento crociato anteriore sono prodotte dai fibrocondroblasti. Queste fibrille di dimensioni più ridotte e dalla struttura omogenea sono cruciali per mantenere l'organizzazione tridimensionale del legamento.

Il 6% residuo del tessuto del legamento crociato anteriore comprende cellule e componenti della matrice. Quest'ultima è costituita da quattro sistemi distinti, ciascuno svolgendo un ruolo cruciale nella struttura e nelle funzioni complessive dell'ACL.

#### 1 Collagene: esistono diverse tipologie di collagene presenti nell'ACL

- Il collagene di tipo 1, caratterizzato da fibrille di collagene disposte in modo parallelo all'asse longitudinale del legamento, assume un ruolo chiave nella resistenza alla trazione del tessuto.
- Il collagene di tipo 2 è una componente strutturale che si trova nelle regioni fibrocartilaginee del legamento crociato anteriore (ACL), in particolare nei siti di attacco tibiale e femorale. La presenza di questo tipo di collagene suggerisce che queste aree sono sottoposte a stress fisici, come pressione e forza di taglio, inoltre tale presenza indica che il tessuto è adatto per gestire carichi e sforzi associati ai movimenti del ginocchio.
- Il collagene di tipo 3 si colloca nel tessuto connettivo lasso il quale divide i fasci di collagene di tipo 1.

Questo tipo di collagene è presente in concentrazioni massime nelle vicinanze delle zone di attacco. Durante le fasi iniziale del processo di guarigione, la maggior parte del collagene appena sintetizzato è

di tipo 3. Inoltre, è significativo nelle fasi iniziali della guarigione e durante il processo di “ligamentizzazione” successivo all’innesto del tendine, giocando un ruolo fondamentale nella formazione e nella strutturazione del tessuto cicatriziale.

- Il collagene di tipo 4, normalmente associato alla membrana basale, si colloca nelle parti prossimali e distali dell’ACL e meno nel terzo medio essendo meno vascolarizzato.
- Il collagene di tipo 6 possiede un orientamento parallelo al collagene di tipo 3 e svolge un ruolo fondamentale di scorrimento tra le unità fibrillari funzionali, fornendo una struttura che agevola la flessibilità e la capacità di movimento del legamento. La sua distribuzione all’interno del legamento crociato anteriore mostra una prevalenza nelle regioni prossimali e distali rispetto alla parte centrale dell’ACL.

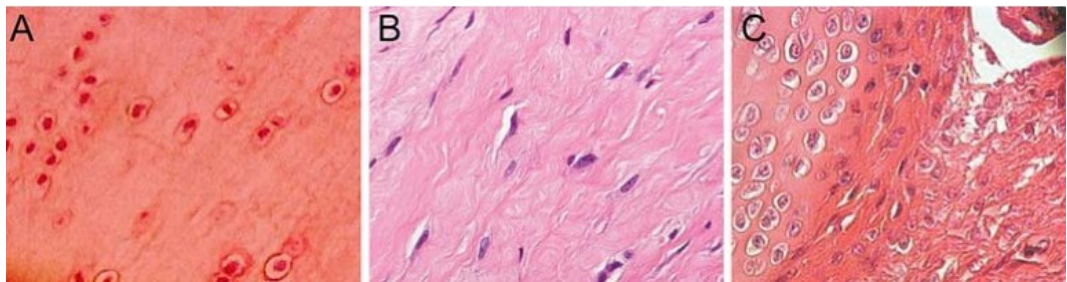
2. Glicosamminoglicani (GAG) che svolgono un ruolo cruciale nella composizione dell’ACL, contribuendo in modo significativo alle sue proprietà biomeccaniche. L’acqua costituisce il 60-80% del peso umido totale dell’ACL, principalmente legata alla sostanza fondamentale, una parte del tessuto connettivo composto da proteoglicani e glicosamminoglicani.

L’ACL presenta un’elevata percentuale di GAG, da due a quattro volte superiore rispetto a quella osservata nei tendini. Questa abbondanza di GAG ha un impatto significativo sulle proprietà viscoelastiche dell’ACL conferendogli caratteristiche distintive di “assorbimento degli urti”, contribuendo a conferire all’ACL una maggiore capacità di assorbire gli impatti e di adattarsi a variazioni di stress durante movimenti articolari.

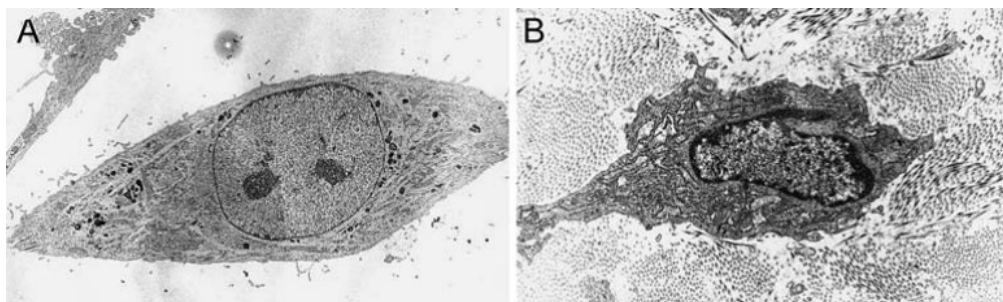
3. Glico-coniugati sono molecole fondamentali che attirano e collegano elementi chiave nei tessuti normali, in guarigione e durante la crescita cellulare. La loro presenza è essenziale per regolare processi biologici, facilitando comunicazioni cellulari e interazioni molecolari. Contribuiscono

alla struttura cellulare normale, partecipando alla guarigione dei tessuti danneggiati e sono coinvolti nella crescita cellulare.

4. Componenti elastiche, tra cui ossitalano, elaunina, fibre elastiche mature e membrane elastiche costituiscono un gruppo di elementi progettati per consentire significative variazioni di distanza durante il movimento. La presenza di ossitalano, elaunina e altre strutture elastiche contribuisce alla flessibilità e all'adattabilità di sistemi biologici.



*Figura 4: le tre zone istologiche del LCA includono la parte prossimale, caratterizzata da un'elevata densità cellulare con cellule rotonde e ovoidali (a); la parte centrale, che presenta fibroblasti fusiformi e un'alta densità di fasci di collagene (b), la parte distale, con fibroblasti ovoidali e una minore densità di fasci di collagene*



*Figura 5: fibroblasti allungati a forma di fuso (a), trovati nella sostanza media dell'acl. I fibroblasti distali (b) sono da rotondi a ovoidali costituiti da un'abbondanza di organelli cellulare i quali indicano un alto livello di attività cellulare.*

## 2.4 Innervazione del legamento crociato anteriore

L'apporto nervoso è di particolare importanza per il mantenimento delle funzioni motorie e sensoriali del legamento crociato anteriore (ACL)

Le fibre nervose che innervano ACL provengono dai rami posteriori del nervo tibiale. Queste fibre penetrano nella capsula articolare posteriore, seguendo un percorso parallelo ai vasi sinoviali che circondano il legamento stesso. Il loro tragitto le conduce anteriormente fino a raggiungere il cuscinetto adiposo infrapatellare.

La principale funzione di queste fibre è vasomotoria la quale permette di regolare il flusso sanguigno per garantire un adeguato apporto di nutrienti al legamento.

Inoltre diversi studi osservano la presenza di fibre nervose mielinizzate più piccole e di fibre nervose non mielinizzate che seguono un percorso indipendentemente dai vasi sanguigni e si trovano solitarie tra i fascicoli del legamento.

I recettori delle fibre nervose menzionate sono i seguenti: (Fig.6)

- I recettori di Ruffini sono meccanocettori sensibili allo stiramento e si trovano sulla superficie del legamento crociato anteriore, concentrati principalmente sulla porzione femorale del legamento dove le deformazioni sono più significative. La loro localizzazione prevalente sulla porzione femorale indica una risposta specifica alle tensioni e alle variazioni di lunghezza che si verificano in questa regione durante i movimenti articolari.
- I recettori Vater-Pacini sono sensibili ai movimenti rapidi e sono localizzati alle estremità femorale e tibiale del legamento crociato anteriore (ACL). La loro sensibilità agli stimoli dinamici suggerisce un ruolo specifico nella percezione e nella risposta ai cambiamenti rapidi che si verificano durante l'attività fisica e durante movimenti articolari intensi.

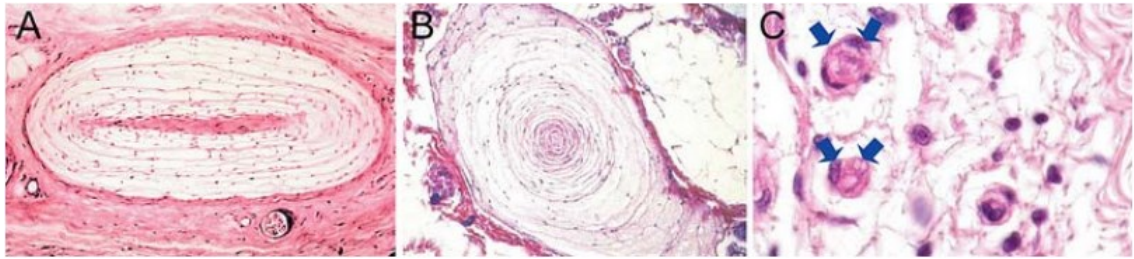
- I recettori della tensione simili al Golgi sono localizzati in prossimità degli attacchi del legamento crociato anteriore (ACL) e sulla sua superficie, immediatamente al di sotto della membrana sinoviale.
- Le terminazioni nervose libere svolgono il ruolo di nocicettori, ma hanno anche la capacità di agire come effettori locali rilasciando neuropeptidi con funzione vasoattiva. Queste terminazioni nervose agendo come nocicettori, sono sensibili a stimoli nocivi e dolorosi nell'ambiente circostante. Allo stesso tempo il rilascio di neuropeptidi influisce sulla dilatazione o sulla costrizione dei vasi sanguigni nella zona circostante.

I meccanoceettori precedentemente menzionati, ovvero i recettori Ruffini, Pacini e Golgi-simili, svolgono una funzione propriocettiva, costituendo l'arco afferente per segnalare i cambiamenti posturali del ginocchio.

L'attivazione delle fibre nervose afferenti nella parte prossimale del legamento crociato anteriore (ACL) esercita un'influenza sull'attività motoria nei muscoli circostanti il ginocchio, dando origine a un fenomeno noto come "riflesso ACL". Il riflesso ACL rappresenta la risposta motoria innescata dalla stimolazione delle fibre nervose all'interno della porzione prossimale dell'ACL. Questa risposta motoria può influenzare la contrazione e il coordinamento muscolare nell'area circostante. Contribuendo così alla stabilità e alla regolazione motoria dell'articolazione del ginocchio.

Nei pazienti con rottura del legamento crociato anteriore, si verifica una perdita significativa di feedback provenienti dai meccanoceettori all'interno del legamento stesso, portando a una debolezza del quadricipite femorale. Questo feedback afferente dall'ACL, esercita una notevole influenza sul massimo sforzo di contrazione volontaria del quadricipite femorale. Inoltre questi pazienti sperimentano una compromissione della precisione del senso della posizione articolare, poiché questa è direttamente correlata al numero di meccanoceettori attivi.





*Figura 6: i recettori Ruffini (a) e Vater-Pacini (b) sono meccanorecettori che svolgono funzioni propriocettive essenziali, fornendo l'arco afferente necessario per rilevare i cambiamenti posturali del ginocchio mediante la percezione delle deformazioni all'interno del legamento. Le terminazioni nervose libere (c) presenti svolgono una duplice funzione: oltre a contribuire alla propriocettività, fungono anche da effettori locali, rilasciando neuropeptidi con funzione vasoattiva*

## **2.5 Vascolarizzazione del legamento crociato anteriore**

L'apporto di sangue al legamento crociato anteriore (ACL) è fornito principalmente dall'arteria Genicolare media (MGA) la quale ha origine dalla faccia anteriore dell'arteria poplitea. Questo punto di origine si trova tipicamente a livello dei margini superiori dei condili femorali, situati immediatamente sotto l'origine dell'arteria Genicolare superiore e appena sopra l'arteria surale.

L'arteria Genicolare media per raggiungere il legamento crociato anteriore perfora la capsula posteriore dell'articolazione, passando attraverso una delle aperture presenti nel legamento popliteo obliquo. Questo processo avviene più vicino al condilo laterale che a quello mediale.

Il percorso della MGA attraverso la capsula posteriore segue una direzione discendente obliqua, quasi verticale. Una volta penetrata la capsula, questa arteria si ramifica, fornendo rami ai tessuti molli situati all'interno dell'incisura intercondiloidea.

A differenza i vasi sinoviali seguono un percorso obliquo e longitudinale lungo l'intera estensione del legamento crociato anteriore, posizionandosi al si dotto della membrana sinoviale. Questi vasi si ramificano, formando una rete di vasi

periligamentosi che riveste l'intera struttura del legamento, dalla guaina sinoviale, i vasi sanguigni penetrano trasversalmente nel legamento, interconnettendosi con una rete di vasi endoligamentosi disposti parallelamente ai fasci di collagene.

La parte prossimale dell'ACL è maggiormente vascolarizzata rispetto la sua porzione distale. I rami collaterale delle arterie che si dirigono verso il tetto dell'incisura intercondiloidea e il condilo laterale del femore forniscono il nutrimento alla parte superiore dell'ACL. Al contrario la parte distale del legamento crociato anteriore è vascolarizzata tramite i rami infrapatellari delle arterie genicolari inferiori.

È importante notare che nella regione fibrocartilaginea anteriore, prossimale al punto di attacco sulla tibia, il tessuto è privo di vascolarizzazione, questa coincidenza di presenza di fibrocartilagine è riscontrabile anche nei tendini che scorrono attraverso aree sottoposte a pressione, e la concomitanza di tali fattori contribuisce al limitato potenziale di guarigione dell'ACL.

## **2.6 Biomeccanica del legamento crociato anteriore**

Il legamento crociato anteriore (ACL) assume un ruolo vitale nella stabilità dell'articolazione del ginocchio, fungendo da principale ostacolo alla traslazione anteriore della tibia rispetto al femore. In condizioni normali, l'ACL limita lo spostamento anteriore dalla posizione neutra della tibia durante i movimenti articolari. Tuttavia nelle ginocchia colpite da un deficit cronico dell'ACL, si verifica un notevole aumento della traslazione anteriore, risultando quattro volte maggiore rispetto a quella osservata nelle ginocchia normali.

Nel loro studio Beynnon et al. hanno evidenziato che un carico anteriore superiore a 50 N genera deformazioni del legamento crociato anteriore, con incrementi fino al 6%. In particolare, l'ACL offre resistenza significativa, con una media dell'82%-89% del carico anteriore applicato a 30° di flessione del ginocchio. Tuttavia, tale capacità di contenimento mostra una leggera diminuzione, attenendosi al 74%-85%, quando il ginocchio è flesso a 90°

L'ACL inoltre svolge un ruolo cruciale come vincolo secondario durante la rotazione interna, specialmente quando l'articolazione è vicina alla completa estensione. In questo contesto, l'ACL contribuisce a stabilizzare l'articolazione e a prevenire movimenti eccessivi che potrebbero portare a lesioni.

In aggiunta, l'ACL agisce come una limitazione secondaria meno significativa durante la rotazione esterna soprattutto quando l'articolazione è sottoposta a carichi. La sua presenza aiuta a controllare e a moderare questi movimenti, mantenendo la stabilità articolare e proteggendo l'articolazione da eventuali stress eccessivi.

Complessivamente, la funzione dell'ACL nel limitare specifici movimenti articolari è fondamentale per mantenere l'integrità strutturale e funzionale dell'articolazione del ginocchio.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):204-213.  
doi:10.1007/s00167-005-0679-9

## Capitolo 3 – EPIDEMIOLOGIA DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE NEL CALCIO

### 3.1 Epidemiologia nel calcio

Il calcio, con i suoi 400 milioni di giocatori distribuiti in 208 paesi, si conferma uno degli sport più diffusi a livello mondiale.

Secondo le stime della Fédération internationale de Football Association (FIFA), il numero di tesserati a livello mondiale raggiunge i 270 milioni, mettendo in luce l'enorme portata e l'attrazione universale di questo affascinante gioco.

In particolare, il Brasile, vanta impressionanti cifre con 2,1 milioni di atleti affiliati alla federazione oltre ad un numero notevole di giocatori dilettanti (11,2 milioni). Questi numeri non tengono conto di coloro che si dedicano al calcio a livello ricreativo.

Tuttavia, nonostante la sua straordinaria popolarità, il calcio è un gioco di contatto che richiede non solo abilità tecnica e tattica, ma anche una notevole preparazione fisica. La capacità di giocare a livelli di intensità elevata porta inevitabilmente ad un rischio significativo di infortuni, aspetto condiviso con molte altre discipline sportive, indipendentemente dall'età dei partecipanti.

L'impegno fisico richiesto dal calcio è notevole, e la sua pratica può portare ad una serie di infortuni, che possono coinvolgere muscoli, articolazioni e altri tessuti. Una preparazione fisica adeguata, una supervisione attenta e, se necessario, cure mediche tempestive sono elementi chiave per attenuare questi rischi e garantire una pratica sportiva più sicura.

Gli infortuni influenzano negativamente le prestazioni delle squadre sia a livello professionale che amatoriale. Secondo ricerche recenti, la maggior parte delle lesioni si verifica nei primi e negli ultimi 15 minuti delle competizioni, evidenziando l'importanza di un adeguato riscaldamento prima dell'attività fisica e il possibile impatto della fatica sui giocatori.

Gli studi epidemiologici hanno categorizzato la gravità delle lesioni in base al periodo di inattività del giocatore, distinguendole come minime (1-3 giorni), medie

(4-7 giorni), moderate (8-28 giorni) o gravi (>28 giorni). Questa suddivisione fornisce una idea chiara della gravità dell'infortunio e della sua durata prevista.

Per quanto riguarda la localizzazione delle lesioni, la maggioranza (60-90%) coinvolge gli arti inferiori, in particolare la caviglia, il ginocchio (soprattutto il legamento crociato anteriore) e la coscia (quadricipiti e muscoli posteriori della coscia). Questi tipi di lesioni sono comunemente associati a riscaldamenti inadeguati, affaticamenti muscolari e squilibri nella muscolatura.<sup>5</sup>

Gli sport considerati ad alto rischio, come il calcio, espongono l'articolazione del ginocchio a notevoli stress dovuti ai carichi assiali e torsionali elevate. Questi stress diventano particolarmente critici durante movimenti specifici come improvvisi cambi di direzioni, decelerazioni rapide e atterraggi da salti. In questo contesto, le lesioni al legamento crociato anteriore diventano una preoccupazione rilevante, soprattutto per i calciatori professionisti.

La gravità di queste lesioni emerge nel lungo periodo di recupero, che si protrae mediamente tra 9-12 mesi. Questa prolungata assenza dai campi di gioco può avere impatti significativi sulla carriera del giocatore e sulla performance complessiva della squadra.

Sorprendentemente solo il 65% dei calciatori infortunati riesce a tornare a giocare allo stesso livello pre-infortunio entro tre anni dal trauma.

Inoltre, un aspetto preoccupante è rappresentato dall'insorgenza precoce dell'osteoartrosi come conseguenza di queste lesioni. L'osteoartrosi è una patologia degenerativa delle articolazioni che può svilupparsi in seguito ai danni al tessuto cartilagineo causati dalle lesioni al ginocchio. Questo rappresenta una sfida significativa per la salute a lungo termine dei giocatori di calcio, poiché l'osteoartrosi può compromettere la funzionalità articolare e ridurre la qualità della vita.

---

<sup>5</sup> Sadigursky, David et al. "The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review." *BMC sports science, medicine & rehabilitation* vol. 9 18. 28 Nov. 2017, doi:10.1186/s13102-017-0083-z

### **3.2 Epidemiologia del campionato di Serie A italiana**

La serie A italiana, uno dei campionati di calcio più prestigiosi al mondo, è composta da 20 squadre. Ogni squadra affronta gli altri club due volte durante il campionato regolare per un totale di 38 partite.

Al termine della stagione, le squadre vengono classificate in base al punteggio ottenuto nelle partite giocate. Le prime 4 squadre della classifica finale ottengono il diritto di partecipare alla prestigiosa UEFA Champions League (UCL) nella stagione successiva.

La UCL è il torneo europeo più prestigioso, riunendo le squadre di club con il miglior rendimento nei campionati nazionali. Questo torneo ad eliminazione diretta offre l'opportunità di competere a livello internazionale e di lottare per il titolo di campione d'Europa, un obiettivo ambito da tutte le squadre partecipanti.

In modo analogo, le squadre che terminano la stagione al 5° e 6° posto della classifica partecipano al torneo di UEFA Europa League, mentre la squadra posizionata al 7° posto ottiene la possibilità di partecipare alla Conference League. Entrambi questi tornei presentano un formato simile a quello della UEFA Champions League, coinvolgendo squadre di un livello competitivo leggermente inferiore, ma comunque di alto calibro.

È importante notare che tutte le squadre della Serie A sono coinvolte anche nella Coppa Nazionale, comunemente nota come Coppa Italia. Questo torneo, caratterizzato da un formato ad eliminazione diretta, vede le squadre sfidarsi in singole partite, con l'eliminazione diretta dei perdenti e il progressivo avanzare delle vincenti nel tabellone.

Il numero di partite disputate da ciascuna squadra nei diversi tornei varia in base alla prestazione e progressione nelle rispettive competizioni.

Tutte le partite di Coppa si svolgono contemporaneamente alle partite ufficiali di Serie A, creando un calendario denso e impegnativo per le squadre partecipanti.

Inoltre una percentuale variabile di calciatori delle squadre di Serie A è coinvolta in ulteriori partite e allenamenti con le rispettive squadre nazionali. Questa

situazione si verifica quando i giocatori vengono selezionati per rappresentare il proprio paese in competizioni di prestigio come la Coppa del Mondo o le Coppe continentali (Europei, Coppa d'Asia, Coppa d'Africa o Copa America).

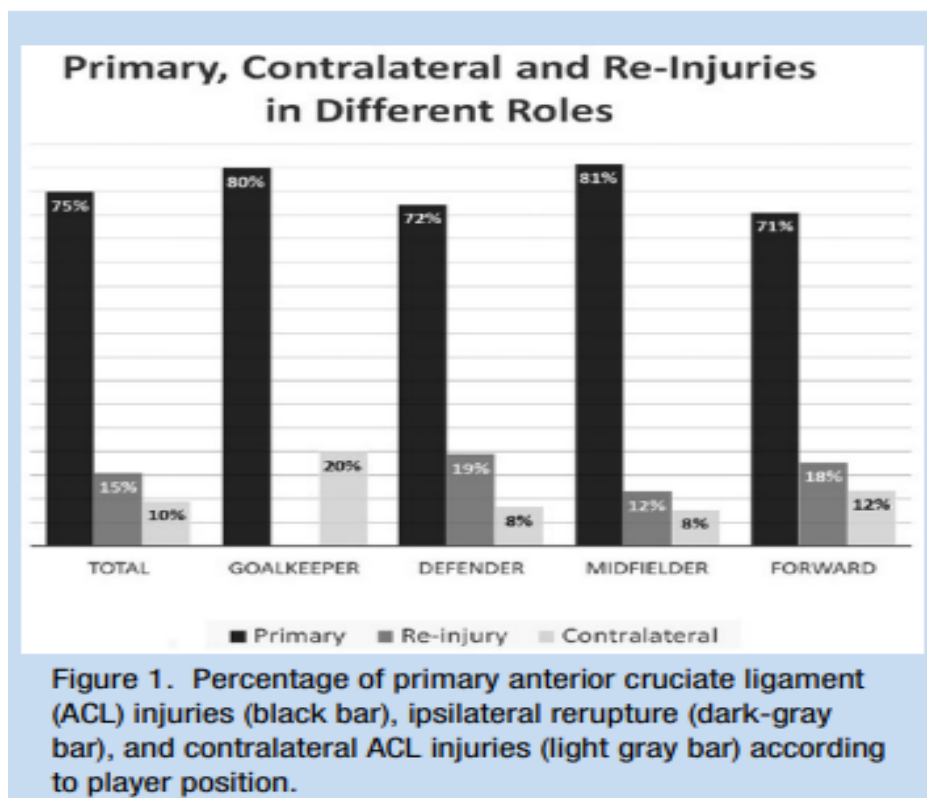
Attraverso questa ricerca (Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players) sono state esaminate e analizzate sette stagioni consecutive, che vanno dal 2011-2012 al 2017-2018, del campionato di Serie A italiano. Vediamo i dati raccolti e relativi risultati.

### *3.2.1 caratteristiche dei giocatori*

Durante l'analisi delle 7 stagioni di Serie A prese in considerazione, è emerso che complessivamente ci sono stati 84 infortuni al legamento crociato anteriore. Gli atleti coinvolti presentavano un'età media di 25,3. Suddividendo gli infortuni per ruolo, è risultato che la maggior parte di essi ha coinvolto i difensori, con il 43% dei casi; seguiti da centrocampisti con il 31%, gli attaccanti con il 20%, e i portieri con il 6%.

È interessante notare che il 25% degli infortuni al legamento crociato anteriore è avvenuto in atleti che avevano già subito un precedente infortunio a questo legamento. In particolare, il 15% di questi infortuni sono ricadute del legamento lesionato in precedenza, mentre il 10% sono lesioni controlaterali (Fig. 1)

Analizzando la distribuzione degli infortuni nel contesto delle attività sportive, è emerso che la maggior parte di essi si verifica durante le partite ufficiali di Serie A, rappresentando il 44% dei casi, seguite dagli allenamenti con il 40% dei casi.



### 3.2.2 Tasso di incidenza

Il tasso di incidenza degli infortuni al legamento crociato anteriore è risultato essere di 0,4215 per 1000 ore di gioco durante le partite di serie A, e non sono state riscontrate differenze significative tra le varie stagioni ( $P > 0,05$ ). In confronto, durante le sessioni di allenamento il tasso di incidenza è stato di 0,0305 per 1000 ore. In conclusione, il tasso complessivo di infortuni per ogni 1000 ore di gioco, considerando sia le partite ufficiali che gli allenamenti, si è attestato a 0,0618. (Fig. 2)

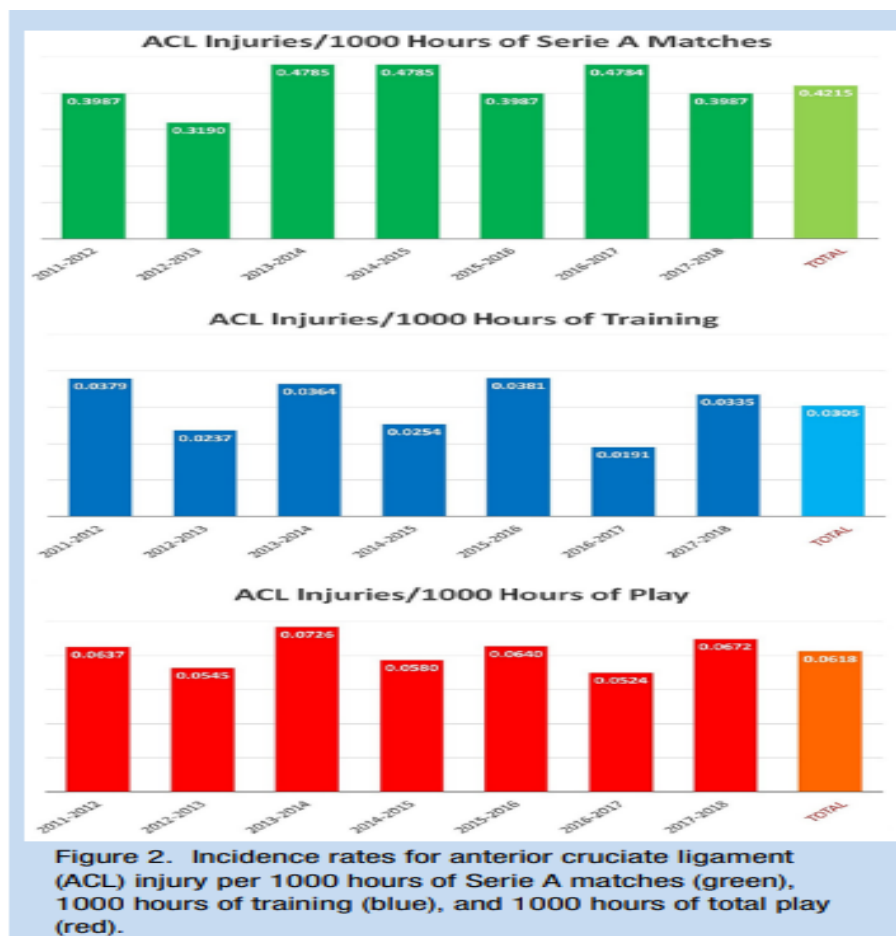
Risulta evidente che il tasso di infortuni durante le partite di Serie A è stato significativamente più alto, essendo addirittura 14 volte superiore rispetto al tasso di infortuni durante gli allenamenti. Si suppone che l'ambiente di allenamento rappresenti teoricamente il contesto più sicuro per i calciatori, poiché si presume che gli allenatori e i preparatori atletici abbiano il massimo controllo sulla gestione dei giocatori e sulle situazioni potenzialmente rischiose per gli infortuni. In questo contesto si ipotizza che i preparatori possano attuare misure preventive più efficaci,



monitorare attentamente le condizioni fisiche degli atleti e gestire in modo diretto qualsiasi situazione che possa comportare un rischio di infortunio.

Un dato sorprendente, ma degno di attenzione, è che un infortunio su dieci si è verificato quando l'atleta era in campo con la rappresentativa nazionale, piuttosto che con la sua squadra abituale. Questo solleva l'interessante ipotesi che la competizione a livello nazionale potrebbe influenzare il comportamento dei giocatori, spingendoli a adottare un approccio più aggressivo e rischioso o a sentirsi soggetti a pressioni psicologiche più intense rispetto alle competizioni con la squadra di club.

La percentuale complessiva di incidenza è stata del 2,04% rispetto al totale dei giocatori partecipanti al campionato di Serie A senza riscontrare differenze significative tra le diverse stagioni. Basandoci su questi dati, si potrebbe stimare che si sono verificati circa 0,6 infortuni per squadra ogni stagione, il che equivale approssimativamente ad un infortunio ogni 2 stagioni.



### *3.2.2 Distribuzione delle lesioni del legamento crociato anteriore*

La maggior parte degli infortuni si è manifestata durante il periodo autunnale, rappresentando il 31% del totale, soprattutto in occasione delle partite ufficiali di Serie A. Contrariamente, l'estate è stata la stagione con il minor numero di infortuni, sebbene la maggioranza di essi sia avvenuta durante gli allenamenti, costituendo il 14 % del totale.

L'analisi mensile degli infortuni al legamento crociato anteriore ha evidenziato una distribuzione bimodale, con il picco massimo nel mese di ottobre e un secondo picco significativo nel mese di marzo. Al contrario, gli infortuni durante l'allenamento hanno raggiunto il loro apice nei mesi di giugno e luglio.

L'incidenza significativamente elevata nei primi mesi della stagione agonistica, insieme al notevole numero di infortuni verificatosi durante gli allenamenti estivi, sembra riflettere l'impatto della preparazione fisica simultanea all'avvio delle competizioni ufficiali. Il secondo picco, riscontrato nel mese di marzo verso la conclusione della stagione, potrebbe mettere in luce l'effetto potenziale del periodo più stressante e cruciale del campionato. In questo periodo, ogni partita potrebbe avere un impatto determinante sulla promozione alle Coppe nazionali e internazionali o sul raggiungimento di posizioni di alta classifica nel campionato.

### *3.2.4 Influenza della posizione in classifica della squadra*

Le squadre classificate nelle prime 4 posizioni della Serie A hanno registrato un tasso di incidenza e una percentuale di incidenza degli infortuni al legamento crociato anteriore quasi doppia rispetto alle squadre posizionate dalla 5° alla 20° posizione. In particolare, le squadre con un ranking più elevato hanno riportato una media di un infortunio per stagione, mentre le squadre con un ranking inferiore hanno segnalato un infortunio ogni due stagioni. Questo fenomeno potrebbe essere attribuito al maggior numero di partite disputate da tali squadre e al possibile coinvolgimento di un numero maggiore di giocatori nelle rappresentative nazionali.

Effettivamente, si è osservato un aumento complessivo del rischio di infortuni quando le squadre affrontano l'impegno di giocare due partite a settimana, una situazione particolarmente comune tra le squadre di alto rango coinvolte in multiple

competizioni. Inoltre, le squadre che competono per posizioni di alta classifica tendono a adottare tattiche pressanti e uno stile di gioco molto rapido e veloce. Caratteristiche che hanno dimostrato una correlazione rilevante con i meccanismi di infortuni al legamento crociato anteriore.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Grassi, Alberto et al. "Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players." *Sports health* vol. 12,3 (2020): 279-288. doi:10.1177/1941738119885642

## Capitolo 4 – FATTORI DI RISCHIO CHE INFLUENZANO LA LESIONE DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE

### 4.1 MECCANISMI DI LESIONE

Gli atleti che subiscono lesioni al legamento crociato anteriore (ACL) spesso riportano una sintomatologia caratteristica. La lesione di solito si verifica in seguito a uno schiocco distintivo durante un movimento improvviso o una torsione del ginocchio. Subito dopo l'infortunio, gli atleti

sperimentano dolore acuto e un rapido gonfiore del ginocchio interessato.

La sensazione di instabilità è un sintomo comune nelle lesioni all'ACL. I pazienti possono percepire una mancanza di supporto strutturale nel ginocchio, il che si traduce in una sensazione di incertezza o instabilità durante i movimenti. Questa instabilità può essere particolarmente evidente durante attività che coinvolgono cambi di direzione, movimenti improvvisi.

Gli episodi di cedimento sono un altro sintomo tipico. Durante un episodio di cedimento, il ginocchio si può piegare involontariamente, causando una momentanea perdita di controllo del movimento.<sup>7</sup>

Inoltre, la lesione al legamento crociato anteriore può dar luogo a ulteriori complicazioni, tra cui la lesione meniscale, riscontrata nel 35% dei casi, la lesione al legamento collaterale mediale nel 6% dei casi, la lesione del legamento crociato posteriore nel 2,5 % dei casi e il danno condrale nel 4% dei casi.<sup>8</sup>

La lesione del legamento crociato anteriore si manifesta quando il carico meccanico applicato al legamento supera la sua capacità di resistenza come evidenziato negli studi biomeccanici, di simulazione e su cadaveri. Questi approfondimenti hanno identificato parametri cruciali di carico nell'articolazione del ginocchio, come le forze di taglio anteriori, associati a marcatori di stress del legamento crociato

---

<sup>7</sup> Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician*. 2010;82(8):917-922.

<sup>8</sup> Volpi P, Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Bragazzi NL. Risk factors of anterior cruciate ligament injury in football players: a systematic review of the literature. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2016;6(4):480-485. Published 2016 Feb 12. doi:10.11138/mltj/2016.6.4.480

anteriore (ad esempio, forza o deformazione dell'ACL). Anche se è noto che i carichi sul legamento crociato anteriore variano in modo passivo in relazione all'angolo di flessione del ginocchio, i muscoli generano forze capaci di modulare tali stress meccanici, svolgendo così un ruolo essenziale nel determinare la portata e la natura degli stress sperimentati dall'ACL. La rottura del legamento crociato anteriore può anche derivare da carichi ciclici ripetuti, causando microlesioni (affaticamento) anziché dovuto esclusivamente ad un singolo evento catastrofico.<sup>9</sup>

In seguito ad una raccolta di dati, provenienti da dei questionari, somministrati ad atleti che avevano precedentemente sperimentato un infortunio al legamento crociato anteriore, è emerso che la maggioranza delle lesioni all'ACL (70%) si è verificata in situazioni caratterizzate da un contatto minimo o addirittura assente (NC-ACLI). In particolare, gli atleti infortunati si trovavano nelle vicinanze di giocatori avversari al momento dell'infortunio e si trovavano in possesso della palla o stavano difendendo un avversario in possesso di essa.

Le lesioni senza contatto si sono verificate principalmente subito dopo un contatto iniziale, con il ginocchio in prossimità dell'estensione completa. Queste lesioni coinvolgevano due manovre atletiche comuni: una decelerazione improvvisa o un movimento di atterraggio su una sola gamba. L'analisi della combinazione tra le condizioni di gioco e la biomeccanica ha evidenziato che l'aumento delle richieste imposte sul sistema neuromuscolare, proprio prima dell'infortunio, potrebbe aver interrotto i normali modelli di controllo motorio, volti a proteggere il ginocchio durante l'attività fisica. Questo aumento di richieste ha contribuito ad aumentare la probabilità di lesioni senza contatto.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med.* 2022;52(8):1737-1750. doi:10.1007/s40279-022-01674-3

<sup>10</sup> Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *J Orthop Res.* 2022;40(3):531-540. doi:10.1002/jor.25257

#### 4.1.1 EZIOPATOGENESI

Secondo Hewett et al., esistono quattro ipotesi per spiegare l'eziopatogenesi della lesione del legamento crociato anteriore (ACL):

- IPOTESI DELLA DOMINANZA LEGAMENTOSA: questa ipotesi suggerisce che i muscoli degli arti inferiori non riescono ad assorbire adeguatamente le forze di reazione al suolo. Di conseguenza, l'articolazione e i legamenti sono costretti ad assorbire queste forze in un breve periodo, portando a un'eccessiva dinamica del ginocchio.
- IPOTESI DELLA DOMINANZA DEI QUADRICIPITI: secondo questa ipotesi, alcuni atleti stabilizzano l'articolazione del ginocchio principalmente utilizzando i muscoli quadricipiti. Questo comportamento può portare a una trazione eccessiva sulla tibia anteriormente al femore, generando una forza di taglio a livello del legamento crociato anteriore (ACL).
- IPOTESI DELLA DOMINANZA DELLA GAMBA: durante attività atletiche che non richiedono la dominanza di una gamba rispetto all'altra, una dominanza delle gambe e asimmetrie di forza possono predisporre a un maggior rischio di lesioni future al legamento crociato anteriore (ACL)
- IPOTESI DELLA DOMINANZA DEL TRONCO: questa ipotesi propone che l'incapacità di controllare con precisione il tronco in uno spazio tridimensionale, durante l'esecuzione di un compito atletico specifico, possa essere dovuta a fattori di crescita e maturazione, tale mancanza di controllo potrebbe contribuire alle lesioni del ACL.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Volpi P, Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Bragazzi NL. Risk factors of anterior cruciate ligament injury in football players: a systematic review of the literature. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016;6(4):480-485. Published 2016 Feb 12. doi:10.11138/mltj/2016.6.4.480

## 4.2 DINAMICA DEL CORPO

Fino a poco tempo fa, si riteneva che una forza di compressione assiale sull'articolazione tibiofemorale non avesse un impatto significativo sulla tensione del legamento crociato anteriore (ACL). Tuttavia, recenti sviluppi nella ricerca hanno portato ad una nuova prospettiva. Gli studiosi suggeriscono che il fattore predominante nel cedimento dell'ACL potrebbe essere una forza di compressione che agisce sulla pendenza tibiale posteriore, causando uno spostamento posteriore del condilo femorale sul piatto tibiale.

Queste forze di compressione sono principalmente il risultato di un insufficiente assorbimento delle forze di reazione al suolo (GRF) da parte della porzione inferiore della gamba.

Nella normale biomeccanica durante l'atterraggio e la decelerazione, l'anca, il ginocchio, la caviglia e il piede svolgono un ruolo cruciale nell'assorbire le forze di reazione al suolo (GRF). I muscoli dell'anca contribuiscono ad assorbire le forze generate dal peso della parte superiore del corpo, mentre ginocchio, caviglia e piede lavorano sinergicamente per assorbire le GRF.

Tuttavia, nella posizione di lesione del legamento crociato anteriore, i segmenti articolari della gamba non riescono a smorzare efficacemente le GRF in modo sinergico, come avviene normalmente. In particolare, durante una lesione del legamento crociato anteriore senza contatto, il piede atterra nella posizione del piede piatto o nelle vicinanze ad essa. Ciò porta alla formazione di un unico segmento tra la parte inferiore della gamba del piede. Questa configurazione compromette la capacità dei muscoli del polpaccio di assorbire efficacemente le GRF.

### *4.2.1 caviglia e piede*

In un recente studio condotto da Boden et al., è stata effettuata un'analisi basata su video per esaminare le differenze nell'atterraggio su una gamba sola tra individui con rottura del legamento crociato anteriore e quelli senza lesione (di controllo). Gli autori hanno individuato una posizione considerata sicura e una provocatoria per l'atterraggio unilaterale (Fig. 1).

I soggetti che avevano subito una rottura dell'ACL, inizialmente entravano in contatto con il terreno con il retro piede o piede piatto, mentre i soggetti di controllo, privi di lesioni ACL, atterravano sull'avampiede. In particolare gli atleti infortunati mostravano una flessione plantare della caviglia significativamente inferiore rispetto agli atleti di controllo nel punto di contatto iniziale con il suolo (rispettivamente  $10,7^\circ$  e  $22,9^\circ$ ).

È stato notato che le persone con rottura del legamento crociato anteriore raggiungevano la posizione di piede piatto più rapidamente rispetto ai controlli, con una riduzione del 50% del tempo impiegato. Questo intervallo di tempo più breve riduceva la capacità dei muscoli del polpaccio di contrarsi e di assorbire efficacemente le GRF, con conseguente aumento delle forze di reazione al suolo e un potenziale impatto sulla stabilità articolare e sulla predisposizione a lesioni.

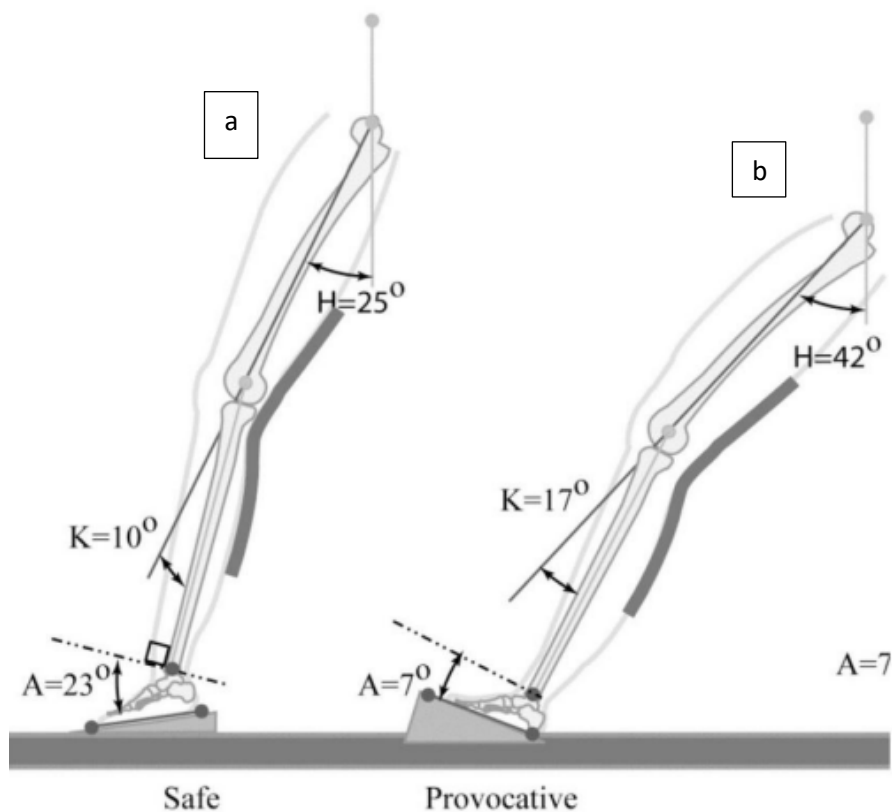
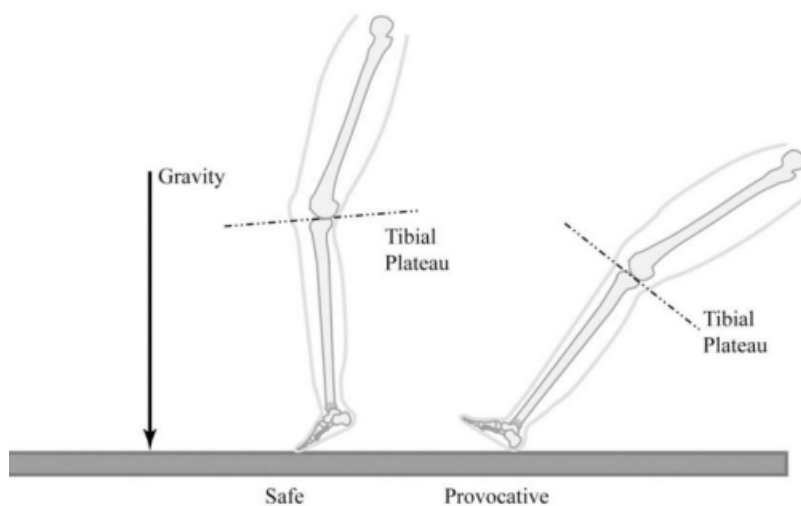


Figura 1: contatto iniziale del piede con il suolo durante una dimostrazione di un atterraggio di un atleta non infortunato (a) e di un atleta potenzialmente a rischio di lesione (b)



#### 4.2.2 cinematica tibiofemorale

Attraverso l'utilizzo della risonanza magnetica, Boden et al.<sup>26</sup> hanno condotto un'analisi su atleti infortunati e atleti privi di lesione. Le differenze nell'allineamento degli arti tra la posizione provocatoria (associata alla rottura dell'ACL) e quella sicura (senza rottura dell'ACL) sembravano orientare l'articolazione tibiofemorale in una posizione maggiormente propensa alla lesione del legamento crociato anteriore (ACL). In particolare, durante la posizione provocatoria è stato osservato che il punto di contatto tra femore e tibia risiedeva più vicino al solco sul condilo femorale laterale. In questa situazione, il condilo femorale laterale entrava in contatto con la superficie anteriore piatta del piatto tibiale, anziché con la sua superficie posteriore più rotonda. All'aumentare dell'estensione e della flessione dell'anca nella posizione provocatoria, si evidenzia un accrescimento dell'angolo tra il piatto tibiale e la diafisi femorale. Questo cambia da una posizione orizzontale a una più verticale (Fig. 2). L'incremento dell'inclinazione del piatto tibiale posteriore nelle posizioni provocatorie potrebbe incrementare lo spostamento tibiale anteriore, generando tensione e aumentando il rischio di rottura del legamento crociato anteriore (ACL). Questo pericolo è ulteriormente accentuato dalle forze d'impulso esercitate sull'arto durante la fase di atterraggio.



*Figura 2: rappresentazione del piatto tibiale durante il passaggio della gamba da una posizione di sicurezza a una provocatoria*

#### 4.2.3 Abduzione del ginocchio (valgo)

Numerosi studi hanno evidenziato che un momento in cui il ginocchio si trova in una situazione di “ginocchio valgo” non carica in modo significativo il legamento crociato anteriore e che questa situazione non può essere l’unica componente responsabile di una lesione all’ACL. Un aumento dell’abduzione del ginocchio genera maggiori forze assiali sul lato laterale rispetto a quello mediale, accentuando le forze di compressione laterali e contribuendo ad una maggiore componente di rotazione interna. Inoltre, con l’abduzione del ginocchio, i legamenti sul lato laterale possono rilassarsi, in quanto minimamente coinvolti, mentre quelli mediali diventano più tesi. La combinazione di un compartimento mediale più rigido e vincolato e di un compartimento laterale relativamente più libero può consentire al piatto tibiale laterale di spostarsi anteriormente con conseguente rotazione interna, aumentando notevolmente la tensione sull’ACL.<sup>12</sup>

In, aggiunta Shin e il suo gruppo hanno evidenziato che i momenti di valgo aumentano la tensione del legamento crociato anteriore durante l’atterraggio su una sola gamba. Tuttavia, è probabile che tali momenti non siano sufficienti per causare una lesione isolata del legamento crociato anteriore senza la presenza di danni contemporanei all’ACL<sup>13</sup>

#### 4.2.4 ruolo del quadricipite

Come già precedentemente detto, la rottura del legamento crociato anteriore (ACL) si verifica quando il carico meccanico al quale il legamento è sottoposto supera la sua capacità di resistenza. È importante notare che i carichi sull’ACL possono variare in modo passivo, in relazione all’angolo di flessione del ginocchio. Tuttavia, i muscoli svolgono un ruolo fondamentale in questo contesto, poiché sono in grado

---

<sup>12</sup> Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(9):520-527. doi:10.5435/00124635-201009000-00003

<sup>13</sup> Boden, Barry P, and Frances T Sheehan. “Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021.” *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* vol. 40,3 (2022): 531-540. doi:10.1002/jor.25257

di generare forze che possono modulare, cioè, accentuare o ridurre, i carichi meccanici sul ginocchio.

Il quadricipite è uno dei gruppi muscolari maggiormente studiati in relazione al suo carico nei confronti del legamento crociato anteriore. Diversi studi hanno evidenziato che la forza generata da questo gruppo muscolare contribuisce in modo significativo ai carichi sull'ACL.

Un esempio significativo è rappresentato dalla ricerca condotta da Withrow e colleghi, che ha dimostrato una forte correlazione positiva, tra la tensione in vitro (approccio di studio che utilizza la manipolazione robotica del corpo di un cadavere) del legamento crociato anteriore durante atterraggi con impatto simulato e la variazione della forza del tendine del quadricipite.

Questo studio sottolinea che l'influenza della forza del quadricipite è condizionata dall'angolo di flessione del ginocchio. Ad angoli di flessione più bassi (cioè inferiori a circa  $30^{\circ}$ - $50^{\circ}$ ), prove in vitro e in silico (approccio di studio che si basa sull'utilizzo di tecniche di simulazione al computer fondate sulla raccolta di dati da organismi sani) indicano che la forza generata dal quadricipite induce un carico sul legamento crociato anteriore tale da promuovere una forza di taglio anteriore, una traslazione tibiale anteriore, un momento del ginocchio valgo o una rotazione interna della tibia. In questo contesto il gruppo muscolare dei quadricipiti agisce come un vero antagonista dell'ACL.

Al contrario, ad angoli di flessione del ginocchio molto elevati (superiori a circa  $80^{\circ}$ ) i quadricipiti hanno un ruolo limitato sul carico del legamento crociato anteriore e possono contribuire a scaricare questa strutturale. Tale evento può essere ricondotto al cambiamento dell'angolo tra il tendine rotuleo e l'asse longitudinale della tibia, che avviene con l'aumento dell'angolo di flessione del ginocchio.

Durante manovre potenzialmente dannose, come l'atterraggio su una sola gamba, varie ricerche hanno dimostrato che gli angoli di flessione del ginocchio di solito risultano inferiori a  $70^{\circ}$  a discapito della gamba sotto carico. Questi angoli possono suggerire che il vettore di forza del quadricipite è diretto anteriormente rispetto alla tibia mettendo così sotto stress il legamento crociato anteriore. Dalla precedente

ricerca (Withrow e colleghi) hanno dimostrato che l'atterraggio su una gamba sola richiede notevole sforzo da parte del quadricipite suggerendo che tale gruppo muscolare produce una forza di taglio anteriore che possa indurre un carico eccessivo sul legamento crociato anteriore.<sup>14</sup>

#### *4.2.5 Affaticamento muscolare*

I muscoli svolgono un ruolo essenziale nel mantenere la stabilità articolare, l'affaticamento muscolare potrebbe rappresentare un fattore di rischio per lesioni al legamento crociato anteriore. I muscoli affaticati presentano una capacità ridotta di assorbire forze prima di raggiungere il loro livello di allungamento che può provocare lesioni. I calciatori maggiormente allenati possono presentare un miglior controllo neuromuscolare nelle fasi avanzate delle partite rispetto agli atleti meno preparati. Questo miglioramento del controllo neuromuscolare può favorire un miglior assorbimento di energia, riducendo così la quantità di forze assorbite da altre strutture come i legamenti. In situazioni di affaticamento gli atleti hanno dimostrato una riduzione dell'angolo di flessione dell'articolazione del ginocchio favorendo un aumento della forza di taglio anteriore della tibia, insieme a movimenti di varo del ginocchio durante l'esecuzione di compiti di salto.

### **4.3 FATTORI DI RISCHIO AMBIENTALI**

I fattori ambientali includono quegli elementi che non dipendono dall'atleta e ne sono completamente estrinseci come lo sport praticato, la superficie di gioco, le condizioni meteorologiche, il tipo di calzatura e l'interazione scarpa-superficie con conseguente aumento del coefficiente di attrito.

Una correlazione tra le condizioni meteorologiche e l'incidenza delle lesioni al legamento crociato anteriore è stata osservata e studiata da Scanton et al. nel calcio australiano. Gli studiosi hanno notato un aumento del tasso di lesioni al legamento crociato anteriore durante partite disputate sull'erba naturale in condizioni asciutte rispetto a quelle bagnate. È stato ipotizzato che l'aumento del tasso di lesioni del legamento crociato anteriore, durante condizioni asciutte sul campo di gioco

---

<sup>14</sup> Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med.* 2022;52(8):1737-1750. doi:10.1007/s40279-022-01674-3

costituito da erba naturale, possa essere attribuito a un incremento dell'attrito e della resistenza torsionale data dall'interazione tra la scarpa e la superficie, in contrasto con le condizioni bagnate. Allo stesso modo, Orchard et al. hanno identificato una relazione tra il clima freddo e il rischio di lesioni ai danni dell'articolazione del ginocchio e caviglia, inclusa la lesione del legamento crociato anteriore negli sport all'aperto praticati su entrambe le superfici di gioco, sia naturale che artificiale. Di conseguenza Torg et al. hanno dimostrato che l'aumento della temperatura della superficie di gioco affiancata alle caratteristiche dei tacchetti delle scarpe da calcio, possano incidere sull'attrito nella correlazione scarpa-superficie, esponendo il ginocchio e la caviglia a un maggior rischio di infortuni.

Inoltre, le caratteristiche della superficie di gioco, indipendentemente dalle condizioni metereologiche, influenzano significativamente i tassi di lesione al legamento crociato anteriore (ACL). Le superfici artificiali o sintetiche sono spesso associate ad un incremento del coefficiente di attrito tra le scarpe e il terreno rispetto all'erba naturale, aumentando così il rischio di lesioni all'ACL. Uno degli aspetti rilevanti è che l'erba artificiale tende ad avere un assorbimento degli urti minore che diminuisce con l'avanzare dell'età della superficie. Questo importante fattore è stato dimostrato da uno studio di Bowers e Martin, che hanno evidenziato come la capacità di assorbire gli impatti sull'erba artificiale diminuisca con il passare del tempo. Per quanto riguarda invece le pavimentazioni interne Hoff e Martin hanno evidenziato un significativo aumento, pari a sei volte degli infortuni all'ACL riportati nel calcio giocato in palestra rispetto a quelli avvenuti all'aperto. Sia l'erba artificiale che la pavimentazione interna possono presentare un coefficiente d'attrito più elevato. Sebbene un aumento d'attrito della superficie della scarpa possa migliorare alcuni fattori durante la prestazione di un atleta, è importante notare che tale miglioramento possa essere accompagnato da un aumento del rischio di lesioni al legamento crociato anteriore durante la pratica sportiva.

In aggiunta anche la tipologia di scarpa indossata dagli atleti può rappresentare un potenziale fattore di rischio per le lesioni al legamento crociato anteriore, perché adatta la fissazione del piede durante il gioco. In uno studio gestito da Lambson et al. è stata valutata l'incidenza degli infortuni all'ACL nel football americano (sport praticato all'aperto con presenza di contatto fisico come nel calcio) a seconda del

modello della scarpa. È emerso che le scarpe che presentavano un particolare posizionamento dei tacchetti sulla suola (tacchetti irregolari più lunghi posizionati sul margine laterale della suola della scarpa con dei tacchetti appuntiti posizionati sul margine mediale della suola) potevano indurre una resistenza alla torsione significativamente maggiore rispetto ad altre tipologie di tacchetti.

In sintesi, i fattori in grado di influenzare il coefficiente d'attrito della superficie della scarpa includono: la durezza del campo di gioco, la secchezza del terreno, la tipologia e la lunghezza dei tacchetti sulle scarpe dei giocatori.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):705-729. doi:10.1007/s00167-009-0813-1

## Capitolo 5 – PREVENZIONE DELLA LESIONE AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE

### 5.1 PROPRIOCETTIVITA'

Quando si affronta il tema della prevenzione, è importante considerare il concetto di propriocettività. Questo aspetto si riferisce alla capacità dell'essere umano di percepire come il proprio corpo si trova nello spazio e di rilevare il movimento dei singoli segmenti corporei che lo compongono.

Tutto ciò è reso possibile grazie alla combinazione di segnali provenienti dai propriocettori, i quali sono in grado di informare il sistema nervoso riguardo ai movimenti specifici dell'organismo in modo continuo.

Questa funzione propriocettiva è strettamente correlata all'attività di numerosi recettori sensoriali distribuiti su pelle, capsule articolari, muscoli e legamenti. Questi recettori consentono un costante controllo motorio e monitoraggio spaziale-motorio costante.<sup>16</sup>

#### *5.1.1 Propriocezione e articolazione del ginocchio e caviglia*

Numerosi studi hanno evidenziato la presenza di meccanocettori e terminazioni nervose libere distribuite in varie parti dell'articolazione del ginocchio. Questi recettori costituiscono la base di un sistema di informazioni propriocettive che consentono la messa in atto di adattamenti durante i programmi di allenamenti preventivi. Questo meccanismo contribuisce significativamente alla prevenzione delle lesioni all'articolazione del ginocchio durante la pratica di attività sportiva.

Affinché un programma di allenamento propriocettivo funzioni, è fondamentale che si verifichino adattamenti basati sugli stimoli ricevuti dai propriocettori durante o prima dell'inizio del movimento dannoso. Queste informazioni saranno in grado di

---

<sup>16</sup> Sannicandro, Italo, et al. "Compiti motori per la riduzione del rischio di infortunio al legamento crociato anteriore per traumi da non contatto negli sport open skill." *NUOVA ATLETICA* 227 (2011): 7-18.

influenzare la risposta programmata, inducendo modifiche alle condizioni meccaniche che agiscono sul legamento crociato anteriore (ACL). Quindi una risposta correttiva deve essere indotta per modificare il movimento degli arti coinvolti, al fine di ridurre o alleviare gli stress applicati all'ACL attraverso l'adozione di una strategia di movimento differente. Questo implica una rielaborazione della risposta neuromuscolare, poiché l'unico modo per cambiare un modello di movimento è intervenire sulle forze interne applicate al sistema, ossia modificare i modelli di attivazione muscolare.

Oltre all'articolazione del ginocchio, è rilevante considerare anche l'articolazione della caviglia che ricopre un ruolo importante nella prevenzione delle lesioni all'ACL, poiché influenza l'impatto diretto sull'orientamento tibiale, e di conseguenza, sulla posizione dell'ACL. Secondo uno studio condotto su gatti da Freeman e Wyke si è potuto osservare la presenza di recettori di tipo 1-2-4 nelle capsule articolari della caviglia e recettori di tipo 1-3-4 nei legamenti della caviglia.

Per tale motivo l'allineamento dell'articolazione del ginocchio è strettamente legato alla cinematica delle articolazioni della caviglia e dell'anca. Ad esempio, le informazioni sensoriali e il controllo del movimento a livello del piede e della caviglia possono incidere sull'orientamento tibiale, e di conseguenza, sull'articolazione del ginocchio. Questa connessione articolare ricopre un ruolo fondamentale nei programmi di allenamento mirati alla prevenzione delle lesioni all'articolazione del ginocchio. Di conseguenza, ogni allenamento finalizzato alla prevenzione degli infortuni al ginocchio dovrebbe tenere in considerazione anche gli altri collegamenti presenti nella catena cinetica degli arti inferiori, insieme ai meccanismi di controllo posturale e alla porzione superiore del corpo.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001 Nov;31(11):655-60; discussion 661. doi: 10.2519/jospt.2001.31.11.655. PMID: 11720298.



## 5.2 BALANCE TRAINING

I gesti atletici osservati negli sport di squadra come il calcio mettono in evidenza l'importanza per gli atleti di avere una stabilità dinamica degli arti inferiori per affrontare continui cambi di direzione, decelerazioni improvvise e salti frequenti. Questa correlazione tra la biomeccanica degli arti inferiori e il rischio di infortuni al legamento crociato anteriore, anche in assenza di contatto, ha spinto i diversi ricercatori a sviluppare specifici protocolli di allenamento neuromuscolare per prevenire e limitare questa tipologia di infortuni, tra cui il balance training.

Il balance training comprende una varietà di compiti motori eseguiti in condizioni di equilibrio precario, sia su superfici stabili e instabili. Questa tipologia di allenamenti si distingue per il coinvolgimento predominante di esercizi che interessano gli elementi propriocettivi, stimolando i recettori articolari e muscolari. Questa tipologia di allenamento si concentra sull'equilibrio, definito come il rapporto ottimale tra l'ambiente esterno e il soggetto. L'equilibrio si riferisce alla capacità di un soggetto di mantenere una posizione eretta in condizioni statiche o durante il movimento volontario. La situazione di equilibrio si basa su un continuo adattamento tonico-posturale-coordinativo. L'importanza del balance training non è solamente di conservare l'equilibrio, ma soprattutto di saperlo riacquisire rapidamente quando viene compromesso, questa capacità dipende principalmente dalle informazioni propriocettive.

In uno studio condotto da Hewett et al. si è valutata l'efficacia dell'allenamento neuromuscolare per la prevenzione degli infortuni ed è emerso che l'incidenza di infortuni gravi al ginocchio subito dagli atleti variasse in modo significativo tra soggetti sottoposti ad un protocollo di allenamento neuromuscolare e soggetti di controllo. Nel gruppo di ragazze non sottoposte ad allenamento neuromuscolare, l'incidenza di infortuni gravi al ginocchio è stata del 0,43 ogni 1000 ore. Al contrario, nel gruppo di ragazze e ragazzi che hanno partecipato al protocollo di allenamento neuromuscolare, l'incidenza si è rilevata notevolmente inferiore, con un tasso di 0,12 per ogni 100 ore per il gruppo di ragazze e di 0,09 per ogni mille ore nel gruppo dei ragazzi. Invece se considerato anche il dato dei soli infortuni da

non contatto, in questa categoria l'efficacia di tale allenamento risulta ancora più evidente secondo i dati provenienti da questo studio.

Questo tipo di allenamento basato sull'equilibrio può giocare un ruolo fondamentale nell'aumentare la velocità dei riflessi spinali che stabilizzano il ginocchio in un modo più rapido ed efficiente rispetto alla contrazione muscolare volontaria che richiede un complesso percorso afferente-efferente.

Il balance training se assimilato nel modo giusto può sviluppare riflessi spinali che rispondono istantaneamente agli stimoli esterni, predisponendo il corpo dell'atleta a reagire al meglio contro le forze d'urto generate durante le competizioni sportive o durante sessioni di allenamento in seguito a salti, cambi di direzione o ripresa del contatto con il suolo in seguito ad un salto.

Nell'allenamento dell'equilibrio o disequilibrio, si utilizzano criteri metodologici fondamentali basati su compiti motori che comprendono tre caratteristiche principali:

- Riduzione della base di appoggio.
- Elevazione della base di appoggio.
- Riduzione o eliminazione delle informazioni visive.

Di recente si sono aggiunti anche compiti motori eseguiti su pedane vibratorie o superfici instabili.

Di seguito, vi è la rappresentazione di un esempio, eseguito dagli studiosi, che riproduce un possibile protocollo di allenamento di balance training per giocatori di calcio.

**CONTENUTI CHE POSSONO  
ESSERE PREVISTI IN UN PROTOCOLLO  
DI ALLENAMENTO  
PER LA PREVENZIONE  
AGLI INFORTUNI AL LCA NEL CALCIO**



Figura 1 - Cocontrazioni simultanee dei quadricipiti e degli ischiocrurali.



Figura 2 - Mantenere la stazione eretta su un solo arto su discosit, attivando quadricipite ed ischiocrurali.



Figura 3 - (Step-up alternato sul Bosu.



Figura 5 - Pressa con resistenza elastica con stop a 60-70°.



Figura 6 - Squat su Bosu, con tenuta a 120°, 90° attivando simultaneamente quadricipite ed ischiocrurali; l'incremento della difficoltà coordinativa e condizionale può essere determinata dall'esecuzione di balzi con modeste fasi di volo.



Figura 7 - Balzi su discosit: dapprima balzi in forma controllata, quindi con esecuzioni che si avvicinano al cmj massimale; il momento della presa di contatto al suolo su superficie più instabile rispetto al suolo determina un incremento dell'intensità del carico sia dal punto di vista condizionale che coordinativo.



Figura 8 - Torsioni del busto e piegamento sul femore: la simultanea esecuzione sia a carico naturale che con piccoli sovraccarichi determina un carico aggiuntivo sull'articolazione di ginocchio corrispondente al lato della torsione; una maggiore coattivazione ischiocrurali-quadricipite può essere determinata da un'esecuzione che prevede una lieve flessione del busto in avanti.

18

<sup>18</sup> Sannicandro, Italo, et al. "Compiti motori per la riduzione del rischio di infortunio al legamento crociato anteriore per traumi da non contatto negli sport open skill." *NUOVA ATLETICA* 227 (2011): 7-18.

### 5.3 RUOLO MUSCOLARE

La ricerca scientifica ha inoltre dedicato notevole attenzione agli effetti dei muscoli posteriori della coscia (Hamstring) sul legamento crociato anteriore (ACL). Questo interesse è dovuto soprattutto alla capacità di questi muscoli di generare una forza di taglio posteriore alla tibia, che può influenzare il carico sull'ACL.

Gli studi si sono concentrati sulla co-contrazione degli hamstring insieme al gruppo muscolare del quadricipite, per valutare una possibile riduzione dei carichi all'ACL. Sia gli studi condotti in vitro che quelli simulati al computer hanno evidenziato un effetto protettivo derivante dalla contrazione degli hamstring. Questi studi hanno dimostrato che la co-contrazione dei muscoli posteriori della coscia possa ridurre le tensioni e le forze dannose sull'ACL, così come le forze di taglio anteriore, la traslazione tibiale anteriore e la rotazione tibiale interna.

L'efficacia dei muscoli posteriori della coscia nell'influenzare il carico sul legamento crociato anteriore dipendono dall'angolo di flessione del ginocchio, come per il quadricipite. Quando il ginocchio si trova in una posizione di quasi completa estensione, gli hamstring sono poco efficaci nel generare una forza di taglio posteriore a causa della loro linea di azione. Tuttavia, ad angoli di flessione del ginocchio superiori di circa 20°-30°, gli hamstring diventano più efficaci nel produrre forze di taglio posteriori, contribuendo così a scaricare l'ACL. Il limitato beneficio meccanico dei muscoli posteriori della coscia nel generare una forza di taglio posteriore a bassi angoli di flessione del ginocchio, combinato con il forte vantaggio meccanico dei quadricipiti in questa posizione nel generare una forza di taglio anteriore, può in parte spiegare la lesione al legamento crociato anteriore che si verifica subito dopo il contatto iniziale del piede con il suolo dopo un salto, quando gli angoli di flessione dell'articolazione del ginocchio sono tipicamente ridotti.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med.* 2022 Aug;52(8):1737-1750. doi: 10.1007/s40279-022-01674-3. Epub 2022 Apr 18. PMID: 35437711; PMCID: PMC9325827.

### 5.3.1 Componente plyometrica

I programmi di prevenzione che mirano a modificare i fattori di rischio per le lesioni al legamento crociato anteriore non causate da contatti nei giocatori di calcio, possono includere anche una componente plyometrica. Questa componente è fondamentale per addestrare i muscoli, i tessuti connettivi e il sistema nervoso affinché il ciclo di accorciamento-dilatazione del muscolo possa essere eseguito in modo efficace.<sup>20</sup>

Attualmente nell'allenamento plyometrico si individuano tre fasi fondamentali (Fig 1). La prima fase (A) è definita eccentrica che corrisponde alla pre-attivazione o allungamento del muscolo agonista; in seguito vi è la fase di ammortizzazione (B) nella quale vi è un breve periodo di riposo in cui il muscolo si prepara per la fase successiva, infine, nella terza fase (C), chiamata concentrica, vi è l'accorciamento delle fibre muscolari agoniste con conseguente movimento esplosivo.

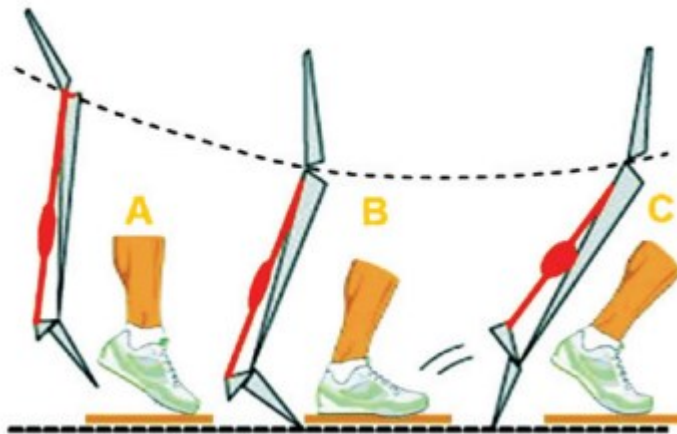


Figura 1.

Questa tipologia di allenamento si basa sull'apprendimento del gesto specifico dal passaggio rapido tra l'allungamento quasi completo della muscolatura alla sua

---

<sup>20</sup> Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2009 Aug;17(8):859-79. doi: 10.1007/s00167-009-0823-z. Epub 2009 Jun 9. PMID: 19506834.

contrazione che si traduce in un movimento rapido o esplosivo. Per gli arti inferiori questa tipologia di esercitazione prevede esercizi incentrati su saltelli, balzi o drop-jumping (salti in profondità) da un box o da una piattaforma rialzata e da un salto verticale immediato, successivo ad un periodo di “ammortizzazione” in seguito ad un contatto con il suolo.<sup>21</sup>

L'esecuzione corretta dell'atterraggio è una componente atletica fondamentale che rientra all'interno dei programmi preventivi che possono evitare il rischio per le lesioni non traumatiche dell'ACL infatti mantenere una postura estesa dell'anca e del ginocchio durante l'atterraggio può rappresentare un fattore di rischio modificabile per le lesioni non traumatiche del legamento crociato anteriore. Per tale motivo, durante le esercitazioni che prevedono componenti plyometriche, sarebbe corretto “educare” l'atleta ad utilizzare una tecnica di atterraggio morbida che preveda un contatto iniziale dell'avampiede, una flessione d'anca e ginocchio mantenendo l'ultimo sopra le dita dei piedi.<sup>22</sup>

### 5.3.2 stabilizzatori del tronco

In contesti sportivi che richiedono una notevole sollecitazione dei segmenti dell'arto inferiore in condizioni di equilibrio precario e mutevole, il ruolo dei muscoli stabilizzatori del tronco assume un ruolo rilevante. Il mantenimento di un controllo segmentale all'interno del tronco favorisce la stabilità della colonna e di conseguenza riduce l'eccessiva ampiezza e il numero di movimenti superflui.

La ricerca ha dimostrato che alcuni muscoli stabilizzatori del tronco e del bacino anticipano addirittura l'attivazione dei muscoli coinvolti nell'esecuzione del gesto atletico stesso. Un esempio è il muscolo trasverso dell'addome, il quale si attiva anticipatamente rispetto ad altri muscoli, sia quando si eseguono compiti motori

---

<sup>21</sup> Wang YC, Zhang N. Effects of plyometric training on soccer players. *Exp Ther Med*. 2016;12(2):550-554. doi:10.3892/etm.2016.3419

<sup>22</sup> Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009 Aug;17(8):859-79. doi: 10.1007/s00167-009-0823-z. Epub 2009 Jun 9. PMID: 19506834.

che coinvolgono prevalentemente gli arti superiori, sia quando si devono compiere movimenti degli arti inferiori o anche nella deambulazione.

Diversi studi indicano che solamente un aumento del 10% del peso corporeo sul tronco si può ripercuotere negativamente sull'aumento del picco di forza registrato durante il contatto con il suolo per quanto riguarda i muscoli del quadricipite. Questo dato si riflette positivamente aumentando la traslazione sulla tibia, rivelatasi una delle principali cause di lesione del legamento crociato anteriore.

Nei compiti di cambi di direzione, di presa di contatto con il suolo bipodalico o monopodalico, la posizione del tronco può risultare fondamentale in quanto determina una variazione nel reclutamento muscolare del compartimento della coscia. In particolare, atleti che mantengono una postura del tronco più eretta rispetto al bacino sembrano ridurre l'attivazione degli ischiocrurali, un gruppo muscolare rivelatosi sinergico del legamento crociato anteriore, e aumentare l'attivazione del quadricipite, il quale porta a un incremento della componente traslatoria sulla tibia. Al contrario, coloro che preferiscono una posizione del tronco più flessa in avanti sembrano attivare sia gli ischiocrurali che il quadricipite in modo bilanciato, senza andare a indurre un'eccessiva traslazione sulla tibia.

#### **5.4 FIFA 11+**

Il calcio è uno sport esercitato a livello globale, però la sua pratica può essere conseguenza di molteplici infortuni. Questi infortuni possono essere causati da fattori non modificabili, ovvero sesso ed età, oppure da fattori modificabili, migliorabili attraverso appositi programmi che comprendono la forza, l'equilibrio e la flessibilità. Un fattore rilevante è che molteplici atleti professionisti si trovano costretti a ritirarsi prematuramente a causa di infortuni, che con qualche programma apposito potrebbero essere evitati.

Per affrontare questo problema, nel 2006 è stato sviluppato un programma di prevenzione degli infortuni denominato Fifa 11+ ideato sotto la guida del FIFA Medical Assessment Research Center, in collaborazione con il Centro di ricerca sui traumi di Oslo e la Medicina Ortopedica e dello Sport di Santa Monica.

Il programma FIFA 11+ (Fig. 2) costituisce un protocollo di riscaldamento dinamico sul campo, con una durata variabile dai 15 ai 20 minuti, utilizzato prima delle partite e degli allenamenti e sviluppato con l'obiettivo di ridurre il rischio degli infortuni nei calciatori. Questo programma è costituito da 15 esercizi ed è reso accessibile a tutti gli utenti in formato cartaceo oppure in formato digitale. Gli esercizi che include tale protocollo sono comprensivi di stabilizzazione del tronco, allenamento eccentrico dei muscoli della coscia, promozione della sensibilità propriocettiva, stabilizzazione articolare ed esecuzione di esercitazioni plyometriche, il tutto eseguito secondo un corretto controllo posturale. L'efficacia di FIFA 11+ è stata verificata da molteplici studi, i quali hanno rivelato una diminuzione significativa degli infortuni a carico dei giocatori e delle giocatrici.

Il programma è suddiviso in tre fasi, ciascuna delle quali comprendente un insieme di 15 esercizi presentati secondo una sequenza specifica. È molto importante che le esercitazioni adottino tecniche adeguate durante la loro esecuzione, con particolare attenzione all'allineamento delle gambe, al posizionamento del ginocchio sopra la punta dei piedi e ad un movimento fluido che garantisce un atterraggio ottimale. È stato raccomandato di eseguire il programma di riscaldamento almeno due volte a settimana per massimizzarne i benefici. Inoltre, diversi studi sostengono che questo programma dovrebbe essere supervisionato da un istruttore qualificato e da un monitoraggio medio al fine di garantire la massima efficacia del programma FIFA 11+. In aggiunta è stato dimostrato che per avere risultati significativi questo programma dovrebbe essere protratto per un periodo che va dalle 10 alle 12 settimane con una progressione specifica.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> Sadigursky, David et al. "The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review." *BMC sports science, medicine & rehabilitation* vol. 9 18. 28 Nov. 2017, doi:10.1186/s13102-017-0083-z



# 11+

## PARTE 1 ESERCIZI DI CORSA · 8 MINUTI

<p><b>1 CORSA IN LINEA RETTA</b></p> <p>Il braccio è composto da 6-10 passi di corsa paralleli ad una distanza di circa 5-6 metri l'uno dall'altro. Due giocatori incaricano ciascuno della prima coppia di corsi. <b>Correre insieme</b> fino all'ultima coppia di corsi. Non tagliare di ritorno i giocatori poiché aumentano gradualmente la velocità a mano a mano che ti ricostituisce. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>2 CORSA ANCA FUORI</b></p> <p>Camminare o correre lentamente, fermarsi ad ogni coppia di corsi, sollevare il ginocchio in avanti e <b>rotolare l'anca verso l'esterno</b>. Ripetere a cura successiva alternando la gamba destra e quella sinistra. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>3 CORSA ANCA DENTRO</b></p> <p>Camminare o correre lentamente, fermarsi ad ogni coppia di corsi, sollevare il ginocchio in avanti e <b>rotolare l'anca verso l'interno</b>. Ripetere a cura successiva alternando la gamba destra e quella sinistra. <b>2 ripetizioni.</b></p>
<p><b>4 CORSA INTORNO AL COMPAGNO</b></p> <p>Correre o cedere in avanti fino al primo paio di corsi. Correndo lateralmente spostarsi verso il compagno ad un angolo di 90 gradi fino ad incontrarsi nel mezzo della corsa. <b>Giare l'uno intorno all'altro</b> e tornare a corsa per poi procedersi avanti. Ripetere ad ogni coppia di corsi. Ricambiarsi di mantenimento l'appoggio sulla parte anteriore del piede e tenere il bastoncino in basso guardando anche i giocatori. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>5 CORSA SALTO CON CONTATTO DELLE SPALLE</b></p> <p>Correre o cedere fino al primo paio di corsi. Correndo lateralmente spostarsi verso il compagno perpendicolarmente alla linea dei corsi angoli di 90 gradi, quindi saltare lateralmente l'uno verso l'altro cercando il contatto spalle a spalle. Attendere su entrambi i piedi quando anche e ginocchio. Non lasciare che il ginocchio cada verso l'interno. Fare un salto completo e sincronizzato con il proprio partner su nel salto che nell'atterraggio. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>6 CORSA SPRINT AVANTI &amp; INDIETRO</b></p> <p>Correre velocemente con il compagno fino alla seconda coppia di corsi, quindi correre indietro fino alla prima coppia di corsi tenendo anche i ginocchi leggermente piegati. Ripetere l'esercizio, correndo sempre che con in avanti ed un indietro. Fare una coppia di corsi. <b>2 ripetizioni.</b></p>

## PARTE 2 FORZA · PLIOMETRIA · EQUILIBRIO · 10 MINUTI

LIVELLO 1		LIVELLO 2		LIVELLO 3	
<p><b>7 PANCA STATICO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Da posizione prona sollevare il busto appoggiandosi su avambracci e piedi. I ginocchi devono essere sotto le spalle. <b>Esercizio:</b> Sollevare il busto, sormontando sugli avambracci e contando i muscoli addominali e mantenere la posizione per 20-30 secondi. Il corpo deve formare una linea retta. Non oscillare e scivolare la schiena. <b>3 ripetizioni.</b></p>	<p><b>7 PANCA GAMBE ALTERNATE</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Da posizione prona sollevare il busto appoggiandosi sugli avambracci e piedi. I ginocchi devono essere sotto le spalle. <b>Esercizio:</b> Sollevare il busto, sormontando sugli avambracci e contando i muscoli addominali. Sollevare una gamba alla volta mantenendo la posizione per 2 secondi. Continuare per 40-60 secondi. Il corpo deve formare una linea retta. Non oscillare e scivolare la schiena. <b>3 ripetizioni.</b></p>	<p><b>7 PANCA SOLLEVARE UNA GAMBA</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Da posizione prona sollevare il busto appoggiandosi su avambracci e piedi. I ginocchi devono essere sotto le spalle. <b>Esercizio:</b> Sollevare il busto, sormontando sugli avambracci e contando i muscoli addominali. Sollevare una gamba di circa 10-15 cm e mantenere la posizione per 20-30 secondi. Il corpo deve formare una linea retta. Non lasciare che l'altra gamba cada verso l'interno o scivolare la schiena. Fare una breve pausa e ripetere l'esercizio sull'altro lato. <b>3 ripetizioni.</b></p>			
<p><b>8 PANCA LATERALE STATICO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stendersi su un lato, piegando a 90 gradi il ginocchio della gamba appoggiata al suolo e sostenendo con il cavigliaccio e la gamba più vicina al terreno. Il gomito del braccio d'appoggio è posizionato sotto la spalla. <b>Esercizio:</b> Sollevare il braccio e la gamba superiore fino a formare una linea retta con la spalla. Mantenere la posizione per 20-30 secondi. Fare una breve pausa e ripetere l'esercizio sull'altro lato. <b>3 ripetizioni per ogni lato.</b></p>	<p><b>8 PANCA LATERALE ALZARE E ABBASSARE LE ANCHE</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stendersi su un lato con le gambe dritte. Sormontare sull'avambraccio e sul lato esterno del piede in modo tale che il corpo formi una linea retta dalla spalla al piede. Il gomito del braccio d'appoggio è posizionato sotto la spalla. <b>Esercizio:</b> Sollevare l'anca da terra e abbassarla. Ripetere per 20-30 secondi. Fare una breve pausa e ripetere l'esercizio sull'altro lato. <b>3 ripetizioni per ogni lato.</b></p>	<p><b>8 PANCA LATERALE CON SOLLEVAMENTO DELLA GAMBA</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stendersi su un lato con le gambe dritte. Sormontare sull'avambraccio e sul lato del piede in modo tale che il corpo formi una linea retta dalla spalla al piede. Il gomito del braccio d'appoggio è posizionato sotto la spalla. <b>Esercizio:</b> Sollevare la gamba di circa 10-15 cm e mantenere la posizione per 20-30 secondi. Fare una breve pausa e ripetere l'esercizio dall'altro lato. <b>3 ripetizioni per ogni lato.</b></p>			
<p><b>9 ISCHIOCRURALI LIVELLO BASE</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Inginocchiarsi su una base morbida. Chiedere al compagno di tenere le caviglie ferme e ferme. <b>Esercizio:</b> Il corpo deve formare una linea retta da spalla a ginocchio per tutto l'esercizio. Lasciare cadere lentamente in avanti, mantenendo la posizione controllando i muscoli posteriori della coscia (ischio-crurali) e glutei. Quando non si riesce più a mantenere la posizione, spostare con cautela il peso sulle mani e cadere in posizione prona. Fare almeno 3 ripetizioni oltre 60 secondi. <b>1 ripetizione.</b></p>	<p><b>9 ISCHIOCRURALI LIVELLO INTERMEDIO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Inginocchiarsi su una base morbida. Chiedere al compagno di tenere le caviglie ferme e ferme. <b>Esercizio:</b> Il corpo deve formare una linea retta da spalla a ginocchio per tutto l'esercizio. Lasciare cadere lentamente in avanti, mantenendo la posizione controllando i muscoli posteriori della coscia (ischio-crurali) e glutei. Quando non si riesce più a mantenere la posizione, spostare con cautela il peso sulle mani e cadere in posizione prona. Fare almeno 7-10 ripetizioni. <b>1 ripetizione.</b></p>	<p><b>9 ISCHIOCRURALI LIVELLO AVANZATO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Inginocchiarsi su una base morbida. Chiedere al compagno di tenere le caviglie ferme e ferme. <b>Esercizio:</b> Il corpo deve formare una linea retta da spalla a ginocchio per tutto l'esercizio. Lasciare cadere lentamente in avanti, mantenendo la posizione controllando i muscoli posteriori della coscia (ischio-crurali) e glutei. Quando non si riesce più a mantenere la posizione, spostare con cautela il peso sulle mani e cadere in posizione prona. Fare almeno 12-15 ripetizioni. <b>1 ripetizione.</b></p>			
<p><b>10 SU UNA GAMBA TENERE LA PALLA</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Posizione eretta in appoggio su un piede. <b>Esercizio:</b> Stare in equilibrio su una gamba tenendo la palla con entrambe le mani. Controllare il peso del corpo sulla pianta del piede. Non lasciare che il ginocchio cada verso l'interno. Mantenere la posizione per 30 secondi. Cambiare gamba e ripetere. Si può aumentare la difficoltà dell'esercizio passando la palla intorno alla vita o sotto l'altro ginocchio. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>10 SU UNA GAMBA LANCIARE LA PALLA AL COMPAGNO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Posizione 2/3 in dal compagno stando entrambi in posizione eretta in appoggio su un piede. <b>Esercizio:</b> Lanciare la palla in avanti e controllando i muscoli addominali, bacini e caviglie della palla. Tenere il peso sulla pianta del piede. Tenere il ginocchio della gamba d'appoggio leggermente piegato. Senza saltare o quando si sente l'interno. Continuare per 30 secondi. Cambiare gamba e ripetere. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>10 SU UNA GAMBA METTERE ALLA PROVA IL COMPAGNO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta in appoggio su un piede davanti al compagno ad un braccio di distanza. <b>Esercizio:</b> Tentare di mantenere in equilibrio, tenendo la parte inferiore del ginocchio appoggiato al varo del piede. Tenere il peso sulla pianta del piede e non lasciare che il ginocchio cada verso l'interno. Continuare per 10 secondi. Ripetere stando sull'altra gamba. <b>2 ripetizioni.</b></p>			
<p><b>11 SQUAT SULLE PUNTE DEI PIEDI</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta con i piedi alla larghezza delle anche e tenendo le mani sul fianco. <b>Esercizio:</b> Inclinare il busto in avanti su una sedia. Ritirare le anche e piegare le ginocchia a 90 gradi (quadrato). Non lasciare che le ginocchia cadano verso l'interno. Scendere lentamente e ritornando in stazione eretta più velocemente. Quando le ginocchia sono completamente estese, sollevare sulle punte dei piedi e poi scendere di nuovo lentamente. Ripetere per 30 secondi. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>11 SQUAT AFFONDI</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta con i piedi alla larghezza delle anche e tenendo le mani sul fianco. <b>Esercizio:</b> Fare lentamente un affondo in avanti ad ogni passo. Durante l'affondo, piegare lentamente anche e ginocchia fino a che il ginocchio anteriore sia piegato ad un angolo di 90 gradi. Non lasciare che il ginocchio cada verso l'interno. Tenere il busto ed anche ferme. Fare affondi fino alla fine del campo (circa 10 affondi per gamba) e correre lentamente indietro alla partenza. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>11 SQUAT PIEGAMENTI SU UNA GAMBA</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta in appoggio su un piede sempre piegando leggermente sul compagno. <b>Esercizio:</b> Piegare lentamente il ginocchio il più possibile. Non lasciare che il ginocchio cada verso l'interno. Piegare il ginocchio lentamente e rialzarlo un po' più velocemente, mantenendo anche e busto stabili. Ripetere 10 volte per gamba. <b>2 ripetizioni per ogni lato.</b></p>			
<p><b>12 SALTII SALTII VERTICALI</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta con i piedi alla larghezza delle anche e tenendo le mani sul fianco. <b>Esercizio:</b> Immaginare di dare per ordine su un ardo. Scendere lentamente fino alla larghezza del piede con angoli di circa 90 gradi e mantenere la posizione per 2 secondi. Non lasciare che le ginocchia cadano verso l'interno. Dalla posizione di squat, saltare in alto il più possibile. Ritornare lentamente appoggiando progressivamente la parte anteriore e quindi tutta la parte del piede, mantenendo anche e ginocchia leggermente piegati. Ripetere per 30 secondi. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>12 SALTII SALTII LATERALI</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta in appoggio su un piede, piegare leggermente anche, ginocchia e caviglie e flettere il busto in avanti. <b>Esercizio:</b> Lanciare dalla gamba d'appoggio, fare un salto laterale di circa un metro atterrando sull'altra gamba. Attendere il momento della parte anteriore del piede, piegando leggermente anche e ginocchia e non lasciando che il ginocchio cada verso l'interno. Mantenere l'equilibrio dopo ogni salto. Ripetere per 30 secondi. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>12 SALTII SALTII IN QUADRATO</b></p> <p><b>Posizione di partenza:</b> Stare in posizione eretta con i piedi alla larghezza delle anche. Immaginare di essere al centro di una croce dipinta sul suolo. <b>Esercizio:</b> Fare salti in avanti e indietro, su un lato all'altro e diagonale lungo gli assi della croce immaginaria. Saltare con la maggior leggerezza ed esplosività possibili. Tenere ginocchia e anche leggermente piegate. Attendere saldamente sulla parte anteriore del piede e quindi appoggiare la pianta. Non lasciare che le ginocchia cadano verso l'interno. Ripetere per 30 secondi. <b>2 ripetizioni.</b></p>			

## PARTE 3 ESERCIZI DI CORSA · 2 MINUTI

<p><b>13 CORSA ATTRAVERSO IL CAMPO</b></p> <p>Correre da una parte all'altra del campo a 75-80% della velocità massima. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>14 CORSA BALZI</b></p> <p>Correre facendo finta di tagliare gli altri e sollevando in alto i ginocchi. Attendere di essere sulla pianta del piede. Accompanyare l'azione delle gambe con un'ampia ed energica oscillazione delle braccia (gamba e braccio opposti). Estendere la gamba avanti e indietro la linea mediana del corpo o su un cambiamento del ginocchio verso l'interno all'appoggio. Ripetere fino alla fine del campo, quindi correre lentamente fino al punto di partenza. <b>2 ripetizioni.</b></p>	<p><b>15 CORSA ARRESTO E CAMBIO DI DIREZIONE</b></p> <p>Correre lentamente per 4-5 passi, quindi arretrare la gamba sinistra e cambiare direzione. Accelerare e fare uno sprint per 5-7 passi ad 80-90% della velocità massima prima di decelerare e ripetere con l'altra gamba. Non lasciare che le ginocchia cadano verso l'interno. Ripetere fino alla fine del campo, quindi correre lentamente indietro. <b>2 ripetizioni.</b></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 2<sup>24</sup>

<sup>24</sup> <https://www.fisioterapiacalimeri.it/programma-di-prevenzione-infortuni-fifa-11/>

In America è stato condotto uno studio dalla National Collegiate Athletic Association il quale ha valutato la correlazione tra l'incidenza degli infortuni al legamento crociato anteriore e l'utilizzo del programma di riscaldamento FIFA 11+. Sono stati incluse 299 squadre della prima e della seconda divisione che sono state in grado di soddisfare i criteri di ammissione e sessantacinque istituzioni che hanno acconsentito a partecipare con atleti maschi che avevano un'età compresa tra 18 e 25 anni. I criteri di inclusione stabilivano che ciascun soggetto doveva essere un giocatore universitario con l'età sopracitata, e che doveva possedere l'autorizzazione medica a partecipare alla stagione 2012.

Durante la stagione, il gruppo di intervento ha utilizzato complessivamente 1305 volte il programma di riscaldamento FIFA 11+ (405 durante le partite e 900 durante gli allenamenti), con una media di 2,19 utilizzi a settimana. Nel gruppo di controllo, composto da 850 atleti [34 squadre (56%)] sono state registrate 44212 esposizioni atletiche, di cui 13624 durante le partite e 30588 durante gli allenamenti). Il gruppo di intervento, invece, comprendeva 675 atleti (27 squadre; 44%) che hanno accumulato un totale di 35226 esposizioni atletiche, di cui 10935 durante le partite e 24291 durante gli allenamenti.

Per quanto riguarda i risultati dello studio non sono state riscontrate differenze significative sull'età degli atleti al momento dell'infortunio al legamento crociato anteriore. Però è emerso che il rischio di tali infortuni è stato inferiore nelle squadre che hanno adottato il programma di allenamento FIFA 11+ rispetto a quelle che non lo avevano utilizzato. Nell'analizzare i meccanismi specifici di lesioni del legamento crociato anteriore, è stato osservato un tasso complessivamente più elevato di lesione nel gruppo di controllo rispetto al gruppo di intervento, sia per i meccanismi di contatto che per quelli senza contatto. Nei casi in cui la lesione è derivata da un meccanismo di contatto, si è riscontrato un minor numero di infortuni tra gli atleti che hanno adottato FIFA 11+ rispetto a coloro che non l'hanno fatto (1 su 7 contro 6 su 7). Analogamente per i meccanismi di lesione senza contatto si è registrato un minor numero di infortuni nel gruppo che ha eseguito il programma rispetto a quello di controllo (2 su 12 contro 10 su 12), evidenziando una significativa riduzione del 75% delle lesioni del legamento crociato anteriore senza contatto.

Questi dati suggeriscono che questo tipo di riscaldamento, se eseguito correttamente, possa ridurre di molto l'incidenza degli infortuni al legamento crociato anteriore nei giocatori di calcio e può essere uno spunto ulteriore per indagare e migliorare l'efficacia di altri protocolli esistenti di prevenzione al legamento crociato anteriore al fine di migliorare anche le strategie di prevenzione secondarie.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Silvers-Granelli, Holly J et al. "Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players?." *Clinical orthopaedics and related research* vol. 475,10 (2017): 2447-2455. doi:10.1007/s11999-017-5342-5

## Capitolo 6 – CONSIDERAZIONI FINALI

Il legamento crociato anteriore (ACL), si è rivelato un elemento fondamentale capace di contribuire all'ottimizzazione della biomeccanica dell'articolazione del ginocchio. La sua complessa anatomia dimostra la complicata funzionalità che questo legamento possiede.

Purtroppo, il tasso di incidenza degli infortuni al legamento crociato anteriore nei calciatori è relativamente alto, la sua fragilità è considerevolmente elevata nelle situazioni di gioco da non contatto diretto con l'avversario rispetto alle situazioni di gioco da contatto diretto.

I fattori di rischio che influenzano la lesione sono molteplici: variano da componenti ambientali a quelli corporei inerenti alle situazioni di gioco che derivano dalla pratica del calcio come ad esempio un atterraggio in seguito ad un salto, decelerazioni, accelerazioni, vari contrasti con il giocatore avversario.

Nonostante ciò, sono molteplici gli studi che promuovono l'efficacia dei programmi preventivi in grado di evitare una lesione del legamento crociato anteriore, i quali possono essere inseriti nel riscaldamento prima di una competizione o di un allenamento. Questi programmi preventivi sfruttano la funzionalità propriocettiva dei meccanocettori presenti all'interno del legamento crociato anteriore come i recettori di Ruffini, Vater-Pacin, Golgi-simili. Sono numerosi i dati che hanno dimostrato una riduzione dell'incidenza di tale infortunio, in seguito all'inserimento dei protocolli preventivi all'interno della distribuzione del programma di allenamento durante una stagione sportiva.

Tuttavia, benché ci siano studi che dimostrano l'utilità della prevenzione delle lesioni all'ACL, nella realtà delle società sportive questo aspetto preventivo si dimostra carente all'interno delle sessioni di allenamento e molto trascurato. Una lesione del genere come dimostratosi può comportare delle conseguenze, che si possono trasformare in patologie nella vita dell'atleta.

Per tale motivo, il mio augurio è quello che sempre più squadre si sensibilizzino sul tema della prevenzione così da salvaguardare la vita futura degli atleti, oltre a quella calcistica.

## Capitolo 7- RINGRAZIAMENTI

Ripercorro questi lunghi anni trascorsi da quel lontano 2015 ad oggi, marzo 2024. In tutto questo tempo sono cambiate moltissime cose: hobby, passioni, sport, studi, relazioni, amici, ambizioni di vita. Ripenso ancora a quel ragazzino pieno di entusiasmo, quasi incredulo dopo aver ricevuto quella chiamata che sarebbe stata in grado di regalargli una prospettiva di vita fuori dal comune. Quel ragazzino non era consapevole del potenziale che aveva dentro di sé, ma pensava solamente a giocare a calcio e regalare gioia ai suoi genitori che non mancavano a nessuna sua partita. Dopo tanti sacrifici ce l'aveva quasi fatta, era lì ad un passo dal suo sogno più grande, diventare un calciatore. Allenamento dopo allenamento, partita dopo partita acquisiva sempre più sicurezza in sé, all'età di 15 anni, trovandosi in un contesto totalmente diverso e soprattutto lontano da casa, immerso in un ambiente quasi surreale per lui. Quel ragazzino stava crescendo piano piano, felice e spensierato. Purtroppo, come per ogni percorso andò incontro al suo primo ostacolo, uno degli ostacoli più brutti che un giocatore possa trovarsi di fronte: un infortunio.

Prima di allora non ne aveva subito neanche uno, proprio nel più bello della sua piccola carriera si ruppe il legamento crociato anteriore. Non sapeva neanche cosa fosse, non ne sapeva nulla. Sapeva solamente che molto probabilmente l'avrebbe tenuto fuori dal campo per molto ma molto tempo. Sono stati momenti difficili per lui: un'operazione, tanto dolore e tanta riabilitazione che lo portarono in campo sette mesi dopo. Un'eternità per un ragazzino, però nonostante ciò la famiglia gli è sempre stata vicina, andandolo a trovare a Milano ogni volta che ne avevano l'occasione.

Da quel momento in poi il suo percorso subì una “deviazione” che lo portò lontano da Milano ma più vicino a casa. Si ritrovò in un contesto nuovo nel quale si ambientò subito, un contesto nel quale fece vedere tutto il suo potenziale acquisito nei due anni precedenti e si fece notare per la sua tenacia, voglia di giocare. Fu notato anche dalla prima squadra e all'età di quasi 17 anni fece i suoi primi allenamenti con i grandi, un traguardo straordinario per lui. Ma anche qui si interpone un ostacolo: un nuovo infortunio.

Purtroppo per lui si trattò per la seconda volta della lesione completa al legamento crociato anteriore. Un incubo, qualcosa che non lo lasciava più in pace. Anche qui operazione, mesi e mesi di riabilitazione e ritorno in campo. Però quel ragazzino diventato ormai un ragazzo sentiva che c'era qualcosa che era cambiato. La voglia, la tenacia stavano affievolendosi. Cominciò ad interessarsi al lato opposto della medaglia, ovvero al ruolo del preparatore atletico e allenatore. I preparatori atletici che lo seguirono gli trasmisero la loro passione per quello che facevano, e questo lo appassionò. Riuscì ad entrare nella facoltà di Scienze Motorie dell'Università degli Studi di Padova, un suo grande desiderio e obiettivo. Questo percorso si rivelò molto formativo perchè apprese meccanismi, nozioni, strategie che vedeva ben consolidate nei preparatori atletici che lo seguivano all'epoca.

Ed ora eccoci qua, giunti alla fine di questo percorso: vorrei ringraziare tutte le persone che mi sono state accanto.

Vorrei ringraziare il mio relatore Giuseppe Marcolin e il mio correlatore Maurizio Sartori, dimostratosi comprensivo, gentile e molto disponibile durante la stesura della tesi. Un bravissimo insegnante che mi ha fatto riprovare quella passione per il calcio che si era affievolita.

Vorrei ringraziare la mia famiglia, papà, mamma, mio fratello che mi sono stati sempre vicini, con il sorriso e l'allegria che li contraddistingue, nonostante le mille difficoltà di questo percorso.

Poi vorrei ringraziare tutti i miei amici, quelli vecchi e quelli nuovi che sono entrati a fare parte della mia vita e che mi regalano quella parte di spensieratezza che a volte mi manca.

Ora posso finalmente mettere "il punto" a tutto ciò, ma questo è solamente l'inizio di qualcosa, spero, di grande e unico!

## BIBLIOGRAFIA

Hirschmann MT, Müller W. Complex function of the knee joint: the current understanding of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*

2015;23(10):2780-2788. doi:10.1007/s00167-015-3619-3

Cimino, Francesca et al. "Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention." *American family physician* vol. 82,8 (2010): 917-22.

Duthon VB, Barea C, Abrassart S, Fasel JH, Fritschy D, Ménétrey J. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*

2006;14(3):204-213. doi:10.1007/s00167-005-0679-9

Sadigursky, David et al. "The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review." *BMC sports science, medicine & rehabilitation* vol. 9 18. 28 Nov. 2017, doi:10.1186/s13102-017-0083-z

Grassi, Alberto et al. "Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players." *Sports health* vol. 12,3 (2020): 279-288.

doi:10.1177/1941738119885642

Cimino F, Volk BS, Setter D. Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention. *Am Fam Physician.* 2010;82(8):917-922

Volpi P, Bisciotti GN, Chamari K, Cena E, Carimati G, Bragazzi NL. Risk factors of anterior cruciate ligament injury in football players: a systematic review of the literature. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016;6(4):480-485. Published 2016 Feb

12. doi:10.11138/mltj/2016.6.4.480

Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med.* 2022;52(8):1737-1750.

doi:10.1007/s40279-022-01674-3

Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *J Orthop Res.* 2022;40(3):531-540. doi:10.1002/jor.25257



Boden BP, Sheehan FT, Torg JS, Hewett TE. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *J Am Acad Orthop Surg*. 2010;18(9):520-527. doi:10.5435/00124635-201009000-00003

Boden, Barry P, and Frances T Sheehan. "Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021." *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society* vol. 40,3 (2022): 531-540. doi:10.1002/jor.25257

Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009;17(7):705-729. doi:10.1007/s00167-009-0813-1

Sannicandro, Italo, et al. "Compiti motori per la riduzione del rischio di infortunio al legamento crociato anteriore per traumi da non contatto negli sport open skill." *NUOVA ATLETICA* 227 (2011): 7-18

Cerulli G, Benoit DL, Caraffa A, Ponteggia F. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2001 Nov;31(11):655-60; discussion 661. doi: 10.2519/jospt.2001.31.11.655. PMID: 11720298.

Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, Cugat R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2009 Aug;17(8):859-79. doi: 10.1007/s00167-009-0823-z. Epub 2009 Jun 9. PMID: 19506834.

Wang YC, Zhang N. Effects of plyometric training on soccer players. *Exp Ther Med*. 2016;12(2):550-554. doi:10.3892/etm.2016.3419

Sadigursky, David et al. "The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review." *BMC sports science, medicine & rehabilitation* vol. 9 18. 28 Nov. 2017, doi:10.1186/s13102-017-0083-z

<https://www.fisioterapiacalimeri.it/programma-di-prevenzione-infortuni-fifa-11/>

Silvers-Granelli, Holly J et al. “Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players?.” *Clinical orthopaedics and related research* vol. 475,10 (2017): 2447-2455.  
doi:10.1007/s11999-017-5342-5