UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Scienze Biomediche

Corso di Laurea Triennale in Scienze Motorie

Tesi di Laurea

LA LESIONE DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE NEL CALCIO: EPIDEMIOLOGIA, BIOMECCANICA, RITORNO IN CAMPO E STRATEGIE DI PREVENZIONE

Relatore: Prof.ssa SILVIA GANDINI

Laureando: ALESSANDRO BRUNELLO

N° di matricola: 2083084

Anno Accademico 2024/2025

RINGRAZIAMENTI

Due date: 5 novembre 2017 e 30 agosto 2024, che segnano momenti difficili, in cui le mie ginocchia hanno deciso di fermarsi, prima la sinistra, poi la destra. Il primo infortunio, in particolare, ha segnato profondamente la mia "carriera": avevo solo 14 anni, avevo appena firmato con la società ASD Giorgione Calcio 2000 e, come tanti ragazzi, sognavo un futuro nel calcio professionistico. In quel momento non sapevo nemmeno cosa fosse il legamento crociato anteriore, lo associavo solo alle notizie che ogni tanto sentivo in televisione, sui calciatori o sugli sciatori.

Nonostante le difficoltà incontrate lungo il cammino, l'amore profondo che nutro da sempre per il calcio non mi ha mai abbandonato. È una passione che, se da un lato mi ha messo alla prova, dall'altro mi ha insegnato il valore della resilienza e mi ha guidato nella scelta di questo percorso di studi, sperando che, seppur sotto vesti differenti, possa diventare un giorno il mio futuro professionale.

Un ringraziamento sentito alla Prof.ssa Silvia Gandini, mia relatrice, per l'aiuto, la disponibilità, la competenza e l'attenzione durante la stesura di questa tesi.

Se sono qui oggi è grazie ai miei genitori, che sono sempre stati al mio fianco, indicandomi la strada giusta da seguire. Alla mia mamma, che mi ha seguito con amore e costanza da quando ero un bambino, che mi ha insegnato l'importanza del metodo e che mi ha fornito delle solide basi. Al mio papà, che è stato per me un vero compagno di studi e un esempio di dedizione.

Un ringraziamento speciale va ai miei nonni, le colonne portanti della mia vita. A mio nonno, che mi ha trasmesso questa passione smisurata per il calcio e con il quale condivido ogni partita. E a mia nonna, sempre pronta ad aiutarmi con generosità, e ad accompagnarmi con le sue preghiere ad ogni esame.

Grazie di cuore a tutti gli zii e a mia cugina, per il loro affetto e per il supporto incondizionato, anche nei momenti per me più difficili.

Grazie agli amici, quelli veri, che sono rimasti nei momenti bui e che non mi hanno lasciato mai da solo, aiutandomi a rialzarmi con forza e serenità.

Infine, voglio ringraziare la persona più importante, Francesco, il mio primo tifoso, il mio migliore amico, il mio punto di riferimento, ma soprattutto mio fratello.

A tutti voi, grazie di cuore.

Che questo traguardo non sia un punto d'arrivo, ma solo l'inizio di un nuovo, entusiasmante capitolo.

SOMMARIO

ABSTRACT 1

INTRODUZIONE 1

INFORTUNI NEL CALCIO 1

IMPATTO DEGLI INFORTUNI NEL CALCIO PROFESSIONISTICO MODERNO 2

L'ARTICOLAZIONE DEL GINOCCHIO 3

LESIONE AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE: COME AVVIENE E I FATTORI CHE LA INFLUENZANO 5

EPIDEMIOLOGIA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO IN EUROPA 5

EPIDEMIOLOGIA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO IN ITALIA 7

BIOMECCANICA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE 9

BIOMECCANICA E MECCANISMI DI INFORTUNIO 9

EFFETTO DELLA CONFIGURAZIONE DELLA SUOLA DELLO SCARPINO SULLA TRAZIONE TRASLAZIONALE 11

TRATTAMENTO CONSERVATIVO E NON CONSERVATIVO E TEMPI DI RECUPERO 13

CONFRONTO FRA TRATTAMENTO CONSERVATIVO E TRATTAMENTO NON CONSERVATOIVO E RITORNO ALLO SPORT 13

TEMPI DI RECUPERO 15

RISCHIO DI RE-INJURY 17

PREVENZIONE, IL FIFA 11+ PREVENTION PROGRAM 18

BIBLIOGRAFIA 20

ABSTRACT

Con un'incidenza di circa 85 casi ogni 100.000 persone tra i 16 e i 39 anni, l'infortunio al legamento crociato anteriore rappresenta una delle principali fonti di preoccupazione per calciatori e atleti, non solo per i lunghi tempi di recupero ma soprattutto per l'elevata percentuale di giocatori che, nonostante un apparente recupero funzionale, non riescono a ritornare ai livelli prestazionali pre-infortunio.

La presente tesi, sviluppata attraverso una disamina rigorosa e sistematica della letteratura scientifica specializzata, si propone di analizzare in modo approfondito l'epidemiologia e la biomeccanica degli infortuni al legamento crociato anteriore nel calcio, esaminando il rischio di re-injury, le percentuali di ritorno all'attività sportiva agonistica e le strategie preventive più efficaci attualmente disponibili.

INTRODUZIONE

INFORTUNI NEL CALCIO

Il calcio è lo sport più popolare al mondo, con oltre 270 milioni di partecipanti e sebbene la sua pratica offra numerosi benefici per la salute c'è anche un alto rischio di infortunio, soprattutto a livello professionistico (1).

Un infortunio è un evento traumatico che può interessare muscoli, tendini, legamenti, articolazioni e ossa, che costringe il calciatore a sospendere temporaneamente, o nei casi più gravi, permanentemente, l'attività sportiva.

Gli infortuni si possono distinguere in:

- CONTUSIONI: si verificano quando una forza agisce direttamente su un organo o un tessuto provocando ecchimosi (piccola fuoriuscita di sangue dai vasi), ematoma (raccolta di sangue coagulato più profonda) o edema (fuoriuscita di liquido interstiziale);
- DISTORSIONI: si manifestano quando un'articolazione subisce una sollecitazione eccessiva andando oltre la propria normale escursione, causando lesioni ai legamenti. In base alla gravità del danno si classificano in:

  lesioni di primo grado quando non si verifica alcuna interruzione delle fibre legamentose e la stabilità articolare risulta preservata;

  lesioni di secondo grado caratterizzate da un'interruzione parziale di alcune fibre con stabilità preservata;

  lesioni di terzo grado quando si verifica un'interruzione completa dell'apparato legamentoso con conseguente instabilità articolare;
- LUSSAZIONI: si verificano quando c'è una perdita completa o parziale (sublussazione) del rapporto tra i capi articolari;
- FRATTURE: si verificano quando la forza traumatica supera la resistenza dell'osso causando un'interruzione della continuità di un segmento osseo;
- LESIONI MUSCOLARI che si dividono in:

  lesioni acute che possono essere dirette, come una contusione, o indirette come nel caso delle elongazioni, causate da un allungamento eccessivo del muscolo senza interruzione delle fibre, o distrazioni, provocate da un'interruzione delle fibre muscolari, che a loro volta si dividono

in tre gradi di classificazione: di primo grado quando meno del 5% delle fibre risulta lesionato, di secondo grado quando la percentuale delle fibre lesionate supera il 5% e di terzo grado quando si verifica la lesione di tutte le fibre muscolari;

lesioni subacute che sono dovute ad un sovraccarico eccentrico ripetuto nel tempo;

lesioni croniche rappresentano l'evoluzione delle lesioni acute o subacute non trattate adeguatamente;

- TENDINOPATIE: si verificano quando un dolore persistente al tendine, correlato al carico meccanico, può causare perdita di funzionalità. In alcuni casi la tendinopatia può essere associata ad una lacerazione tendinea.

IMPATTO DEGLI INFORTUNI NEL CALCIO PROFESSIONISTICO MODERNO

L'*UEFA Elite Club Injury Study (ECIS*) (2) è un report redatto per conto del comitato medico UEFA dal professor Jan Ekstrand, con l'obiettivo di analizzare la tipologia, la frequenza e l'impatto degli infortuni nei principali club europei.

Lo studio, condotto su 25 squadre d'élite, tra luglio e maggio della stagione 2018/19, ha registrato un totale di 868 infortuni su 180.000 ore complessive di esposizione, suddivise in 150.000 ore di allenamento e 30.000 ore di gara.

A seconda delle variabili considerate, gli 868 infortuni si sono verificati con le seguenti percentuali:

- il 47% in allenamento e il 53% in partita;
- il 50% muscolari e il 15% legamentosi;
- il 20% gravi (con uno stop superiore a 28 giorni);
- il 66% traumatici e il 34% da overuse;
- il 68% non da contatto e il 32% da contatto;
- il 10% recidive.

Nello stesso ambito di ricerca, Ekstrand J. con Hagglund e Walden, in *"Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football''* (3) hanno analizzato gli infortuni muscolari subiti dalle 51 squadre aderenti all'ECIS, nel corso di 11 stagioni, dal 2001 al 2012, evidenziando che gli infortuni muscolari hanno rappresentato il 31% del totale degli infortuni, comportando il 27% dei giorni di assenza. Il 37% delle lesioni ha coinvolto i muscoli posteriori della coscia, il 23% gli adduttori, il 19% il quadricipite e il 13% il polpaccio.

Per quanto riguarda gli infortuni più frequenti all'articolazione del ginocchio, Walden et al. in *"The UEFA injury study: 11-year data concerning 346 MCL injuries and time to return to play''* (4), evidenzia come, nel corso delle stesse 11 stagioni, siano state registrate complessivamente 346 lesioni al legamento collaterale mediale, con un tasso di lesione pari a 0,33 ogni 1000 ore di esposizione, con una frequenza di 1,31 ogni 1.000 ore di partita e di 0,14 ogni 1.000 ore di allenamento.

Un esempio significativo dell'incidenza degli infortuni in una singola competizione di breve durata è rappresentato dallo studio condotto da Osvaldo Pangrazio e Francisco Forriol durante la Coppa America disputata in Cile tra giugno e luglio del 2015 (5). L'analisi evidenzia che, nell'arco delle 26 partite giocate, con la partecipazione di 276 calciatori appartenenti a 12 squadre (10 della CONMEBOL e 2 della CONCACAF), si sono registrati in totale 44 infortuni, pari ad

un infortunio ogni 58 minuti di gioco. Come prevedibile, gli infortuni hanno interessato prevalentemente gli arti inferiori, cioè coscia, ginocchio, gamba e piede.

Gli infortuni muscolari si manifestano prevalentemente dopo i 60 minuti di gioco, mentre le lesioni del legamento crociato anteriore si presentano con maggiore frequenza negli ultimi 15 minuti del primo tempo. Le contusioni seguono una distribuzione omogenea durante l'intera durata della partita, mentre le tendiniti raggiungono il picco d'incidenza nei primi 20 minuti del secondo tempo.

Un ulteriore contributo sul tema è fornito dal report *"INJURY TIME – Il peso degli infortuni"* (6), realizzato dall'AIC (Associazione Italiana Calciatori) con l'obiettivo di sensibilizzare sull'importanza della salute degli atleti ed analizzare l'impatto degli infortuni nei principali campionati europei: Serie A, LaLiga e Premier League, nelle stagioni 2022/23 e 2023/24.

Il report evidenzia che la percentuale di giorni di infortunio registrata in Serie A e in LaLiga è pari all'11%, mentre in Premier League raggiunge il 15%, circa 1 giorno di infortunio ogni 6,6 di attività. Evidenzia inoltre che il rischio di infortuni aumenta progressivamente con il numero di partite giocate, in modo progressivo fino a 40 partite stagionali e in maniera esponenziale oltre le 54-55 partite, con una media di 71 giorni di stop per giocatore.

Alla luce dei nuovi format FIFA/UEFA, che prevedono 11 partite in più all'anno, si stima un ulteriore incremento fino a 107 giorni di infortunio per giocatore, con un aumento di 36 giorni, con un incremento di circa il 50% rispetto ai valori attuali.

L'ARTICOLAZIONE DEL GINOCCHIO

Il ginocchio è un'articolazione sinoviale che consente movimenti su più piani quali la rotazione, la traslazione e la flesso-estensione (7). In Figura 1 è riportata l'anatomia del ginocchio, nelle visioni anteriore e posteriore, con l'illustrazione dei menischi e delle principali strutture legamentose e muscolari che concorrono alla stabilità articolare.

Si compone di due articolazioni principali, la tibiofemorale e la patellofemorale. L'articolazione tibiofemorale è un'articolazione principalmente a ginglimo angolare, ovvero ad un solo grado di libertà, che permette la flesso-estensione sul piano sagittale. Quando il ginocchio è flesso sono però consentite anche una leggera rotazione e uno scivolamento laterale. L'articolazione patellofemorale invece, è un'articolazione piana coinvolta principalmente nell'estensione del ginocchio.

Queste articolazioni sono rivestite dalla capsula articolare, una struttura fibrosa che conferisce stabilità e protezione, e comprende i retinacoli mediale e laterale, ovvero legamenti di natura fibrosa che provengono da estensioni del tendine quadricipite femorale che hanno la funzione di stabilizzare l'articolazione femororotulea.

La stabilità dell'articolazione tibiofemorale è garantita dall'azione combinata degli stabilizzatori statici e dinamici.

Gli stabilizzatori statici comprendono:

- i menischi laterale e mediale, due strutture cartilaginee a forma di "C" contenute nella cavità articolare che perfezionano la congruenza tra la tibia e il femore e assorbono gli impatti evitando che il femore oscilli rispetto alla tibia;
- i legamenti extracapsulari, derivati da estensioni dei muscoli ischiocrurali, che sono il legamento popliteo obliquo, il legamento popliteo arcuato e i legamenti collaterali laterale (fibulare) e mediale (tibiale), impediscono la rotazione del ginocchio quando è in estensione;

– i legamenti intracapsulari sono costituiti dal legamento crociato anteriore (LCA) e dal legamento crociato posteriore (LCP). Il LCA impedisce l'iperestensione a ginocchio esteso, guida la rotazione tibiale ed è il più coinvolto negli infortuni e nelle lesioni al ginocchio. Il LCP impedisce la traslazione anteriore del femore rispetto alla tibia ed è più resistente rispetto a quello anteriore. Il termine ''crociato'' deriva dall'incrocio a forma di "X" tra i due legamenti mentre la denominazione anteriore/posteriore è dovuta alla loro origine a livello tibiale e non alla loro inserzione a livello femorale.

Agli stabilizzatori statici si affiancano gli stabilizzatori dinamici costituiti dai muscoli e dai relativi tendini che agiscono attivamente nel controllo del movimento e della stabilità articolare. Rivestono un ruolo fondamentale il quadricipite femorale, i muscoli ischiocrurali, il gastrocnemio e il popliteo.

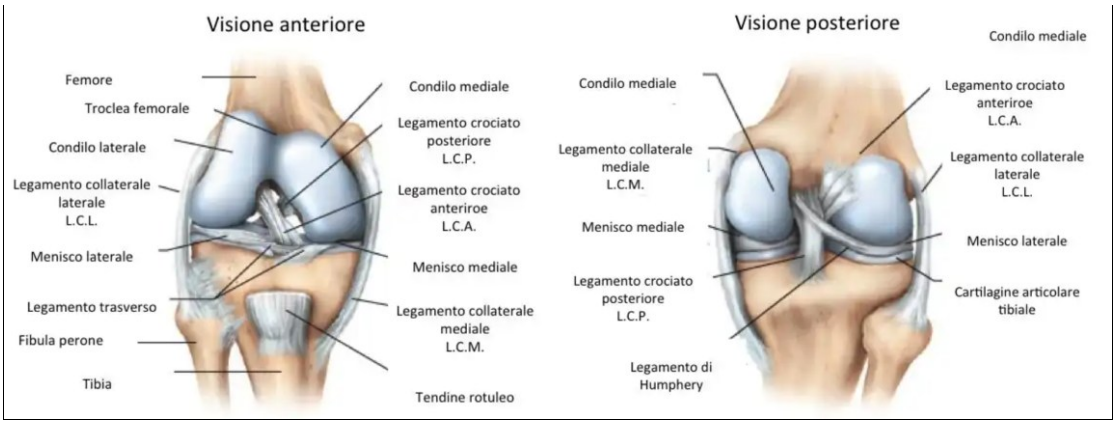

Figura 1 Anatomia anteriore e posteriore del ginocchio: principali strutture che concorrono alla stabilità del ginocchio.

LESIONE AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE: COME AVVIENE E I FATTORI CHE LA INFLUENZANO

EPIDEMIOLOGIA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO IN EUROPA

Il calcio, classificato tra gli sport denominati "pivoting sport'' è caratterizzato da frequenti cambi di direzione, torsioni, arresti e ripartenze che provocano dei carichi assiali e torsionali sull'articolazione del ginocchio, rendendolo uno sport ad alto rischio per lesioni al legamento crociato anteriore (8,9).

Nel calcio professionistico l'infortunio al LCA rappresenta una delle evenienze più traumatiche poiché i lunghi tempi di recupero, generalmente compresi tra i 9 e i 12 mesi, e le possibili conseguenze a lungo termine, tra cui l'insorgenza precoce di osteoartrosi, potrebbero compromettere irrimediabilmente la carriera dell'atleta (10,11).

La rottura parziale o totale del LCA può presentarsi in forma isolata o associata ad altre lesioni dell'articolazione del ginocchio, comportando un'interruzione dell'attività sportiva necessaria per il pieno recupero della funzionalità dell'articolazione. Il ''Return to play'' (RTP) rappresenta l'intervallo temporale che intercorre tra il momento dell'infortunio e la ripresa, senza restrizioni, dell'attività sportiva con la squadra o nelle competizioni ufficiali.

Lo studio condotto da Walden et al., dal *titolo "ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture''* (12) ha osservato per 14 stagioni, da gennaio 2001 a maggio 2015, l'attività di 4443 atleti appartenenti a 78 squadre di club dell'Unione delle Federazioni Calcistiche Europee (UEFA), distribuite in 16 Paesi, con l'obiettivo di approfondire tre aspetti fondamentali dell'epidemiologia dell'infortunio al LCA nel calcio professionistico europeo: l'andamento temporale dei tassi di lesione del LCA, i tassi di complicazioni prima del ritorno alle partite ufficiali dopo la ricostruzione del LCA e infine l'influenza della lesione del LCA sulla successiva carriera sportiva.

Per le finalità della ricerca, un componente dello staff medico o tecnico di ciascun club, registrava i minuti di esposizione di ogni atleta, sia durante le sedute di allenamento sia nelle partite ufficiali, comprese quelle disputate con la nazionale e trasmetteva con cadenza mensile un report dettagliato sugli infortuni rilevati.

I giocatori che riportavano una rottura del legamento crociato anteriore, confermata da risonanza magnetica e documentazione chirurgica, venivano costantemente seguiti lungo l'intero percorso di ritorno all'attività (RTP) fino al rientro in campo o, in alternativa, fino alla decisione di concludere la carriera, con l'obiettivo di rilevare l'eventuale insorgenza di nuove lesioni o la necessità di ulteriori interventi chirurgici sul ginocchio infortunato.

I risultati dello studio relativi all'andamento temporale dei tassi di lesione del LCA e sintetizzati in Tabella 1 hanno documentato un totale di 157 lesioni del legamento crociato anteriore su 149 giocatori, evidenziando pertanto la presenza di 8 recidive, di cui 6 a carico dello stesso arto (ipsilaterali) e 2 sul ginocchio controlaterale. Il monitoraggio ha riguardato complessivamente 2.026.211 ore di allenamento e 361.702 ore di gare ufficiali. Dall'analisi dei dati, risulta un tasso complessivo di incidenza pari a 0,066 rotture ogni 1000 ore di esposizione, corrispondente ad una media di 0,43 lesioni per squadra a stagione. Le rotture complete sono risultate nettamente più frequenti di quelle parziali, 0,059 contro 0,007. È stata inoltre riscontrata una marcata differenza tra le lesioni verificatesi in partita, 20 volte più frequenti rispetto a quelle occorse in allenamento (0,340 contro 0,017 ogni 1000 ore). Il numero di lesioni per stagione variava da 1 a 19 nelle partite ufficiali e da 0 a 7 durante gli allenamenti, con un incremento medio annuo stimato intorno al 6%.

VOCE	Valore
Lesioni totali LCA	157
Numero di giocatori coinvolti	149
Recidive totali	8
Recidive ipsilaterali	6
Recidive controlaterali	2
Ore di allenamento monitorate	2.026.211
Ore di gara monitorate	361.702
Incidenza complessiva (per 1000h)	0,066
Incidenza rotture complete (per 1000h)	0,059
Incidenza rotture parziali (per 1000h)	0,007
Incidenza in partita (per 1000h)	0,34
Incidenza in allenamento (per 1000h)	0,017
Range lesioni/anno in partita	1–19
Range lesioni/anno in allenamento	0–7
Incremento medio annuo	6%

Tabella 1 Andamento temporale delle lesioni del LCA monitorate nel calcio professionistico europeo nel periodo 2001–2015.

In Tabella 2 sono riportati i dati degli atleti sottoposti all'intervento chirurgico per la **rottura completa** del legamento crociato anteriore. Su un totale di 134 atleti operati, 4 erano ancora in fase di Return to Play al termine della stagione 2014/2015, mentre gli altri 130 sono ritornati all'attività agonistica e hanno ripreso a giocare allo stesso livello competitivo. Di questi 130 giocatori, 9 hanno riportato una nuova lesione o hanno subito un ulteriore intervento chirurgico prima di disputare la prima partita ufficiale. Per 93 atleti è disponibile un follow-up a tre anni: 60 hanno ripreso l'attività agonistica allo stesso livello precedente l'infortunio, 21 a un livello inferiore e 12 hanno interrotto la carriera sportiva. Tra coloro che hanno continuato a giocare, 8 hanno subito una nuova rottura del legamento e 39 hanno riportato altri infortuni.

VOCE	Rotture complete
Totale operati	134
Rientro stesso livello	130
Nuova lesione prima 1ª partita	9
Follow-up 3 anni	93
Nuove rotture	8
Altri infortuni	39
Stesso livello	60
Livello inferiore	21
Fine carriera	12

Tabella 2 Dati relativi agli atleti sottoposti a ricostruzione in seguito a rottura completa del legamento crociato anteriore.

In Tabella 3, sono riportati i dati relativi alle **rotture parziali**: 15 sono state trattate in modo conservativo e 2 chirurgicamente. Dei 17 atleti coinvolti, tutti sono tornati ad allenarsi tranne un giocatore che ha scelto di concludere anticipatamente la carriera. Il follow-up triennale ha fornito dati su 13 di questi atleti: 4 hanno riportato un nuovo infortunio, dopo novembre 2012, 8 hanno mantenuto lo stesso livello competitivo, 2 hanno proseguito la carriera a un livello inferiore e 3 hanno terminato l'attività agonistica.

VOCE	Rotture parziali
Totale infortunati	17
Rientro stesso livello	16
Follow-up 3 anni	13
Nuove rotture	4
Stesso livello	8
Livello inferiore	2
Fine carriera	3

Tabella 3 Dati relativi agli atleti che hanno subito la rottura parziale del legamento crociato anteriore.

EPIDEMIOLOGIA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO IN ITALIA

Per analizzare l'andamento dell'infortunio al LCA nella Serie A italiana, massima divisione professionistica nazionale, Grassi et al. hanno condotto uno studio epidemiologico descrittivo intitolato *"Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players"* (13). L'indagine, condotta nell'arco di sette stagioni, dal 2011-2012 al 2017-2018, si è basata su tre ipotesi principali: la prima che il tasso di infortuni al legamento crociato anteriore nella Serie A fosse simile a quello riportato dallo studio UEFA già menzionato, la seconda, che tali infortuni si distribuissero in modo uniforme durante l'intero arco della stagione e infine, la terza, che l'incidenza degli infortuni fosse simile tra le squadre di alta e di bassa classifica. La distinzione è stata effettuata sulla base della posizione in classifica alla trentottesima e ultima giornata di campionato: sono state considerate di alta classifica le squadre classificatesi dal 1° al 4° posto, che accedevano alla fase a gironi della UEFA Champions League e di bassa classifica le squadre posizionate dal 5° al 20° posto.

Per individuare i giocatori infortunati è stato utilizzato il sito database "transfermarkt.com'' la cui attendibilità, in relazione alla documentazione delle cronache sugli infortuni, è stata precedentemente validata (14). Dopo la diagnosi di lesione e dell'avvenuta ricostruzione del legamento, sono stati raccolti i dati relativi alle caratteristiche antropometriche dell'atleta, alla dinamica dell'infortunio e al momento in cui si è verificato. Per stimare l'esposizione al rischio sono state contate, per ogni squadra, le partite divise per competizione: Serie A, Champions League ed Europa League, mentre per gli allenamenti è stato considerato un valore medio annuo.

Solo la **prima ipotesi**, cioè che il tasso di infortuni al legamento crociato anteriore nella Serie A fosse simile a quello riportato dallo studio UEFA, è stata confermata e i relativi dati di sintesi sono riportati in Tabella 4. Durante il monitoraggio sono state registrate, complessivamente 84 lesioni al legamento crociato anteriore nelle 7 stagioni, che corrispondono ad un tasso di incidenza pari a 0,062 ogni 1000 ore di esposizione, molto simile a quello dello studio europeo pari a 0,066 ogni 1000 ore. Il tasso di infortuni in partita (0,4215) risulta 14 volte superiore a quello registrato durante gli allenamenti (0,0305). Sebbene questo rapporto sia leggermente inferiore rispetto al dato medio europeo, che indica un valore circa 20 volte maggiore, rimane comunque significativo e preoccupante, evidenziando che ogni squadra deve affrontare mediamente 0,6 lesioni a stagione, pari a un infortunio ogni due anni. Considerando che ogni partita coinvolge due squadre, si stima che si verifichi un infortunio di questo tipo ogni 72 partite, ossia circa ogni 7 giornate di campionato. È interessante notare il ruolo dei giocatori infortunati, il 43% sono difensori, il 31% centrocampisti, il 20% attaccanti e il 6% portieri.

Parametro	Valore
Numero totale lesioni LCA	84
Numero stagioni analizzate	7
Tasso incidenza complessivo (per 1000 h)	0,062
Tasso incidenza studio europeo (per 1000 h)	0,066
Tasso infortuni in partita (per 1000 h)	0,4215
Tasso infortuni in allenamento (per 1000 h)	0,0305
Rapporto partita/allenamento	14
Rapporto europeo partita/allenamento	20
Lesioni per squadra per stagione	0,6
Frequenza lesioni per squadra	1 ogni 2 anni
Frequenza lesioni per campionato	1 ogni 72 partite (~7 giornate)
Difensori	43%
Centrocampisti	31%
Attaccanti	20%
Portieri	6%

Tabella 4 Andamento delle lesioni al legamento crociato anteriore nella Serie A Italiana dal 2011 al 2018.

Per quanto concerne la **seconda ipotesi**, ossia che gli infortuni si distribuissero in maniera uniforme lungo l'intera stagione, è emersa una distribuzione temporale non uniforme delle lesioni, con due picchi principali, uno nel mese di marzo, verosimilmente legato allo stress fisico e psicologico tipico della fase decisiva della stagione e uno nel mese di ottobre, probabilmente associato alla combinazione tra la preparazione atletica e l'inizio del campionato. L'autunno è risultato il periodo con la maggiore incidenza di lesioni (31%), prevalentemente durante le partite ufficiali, mentre l'estate ha registrato la minore incidenza (20%), con infortuni occorsi soprattutto durante le sedute di allenamento.

Infine, non è stata rispettata neppure la **terza ipotesi**, secondo la quale l'incidenza degli infortuni sarebbe dovuta risultare analoga tra le squadre di alta e di bassa classifica. Infatti le squadre di alta classifica (1-4) hanno registrato in media 1 infortunio a stagione, contro quelle di bassa classifica (5-20) che ne hanno registrato 0,5 di media, con un tasso di incidenza per le squadre di alta classica 2,4 volte maggiore (0,0130) ogni 1000 ore di allenamento, e 2,2 volte maggiore (0,0003) ogni 1000 ore di gioco rispetto a quelle di bassa classifica.

BIOMECCANICA DELL'INFORTUNIO AL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE

BIOMECCANICA E MECCANISMI DI INFORTUNIO

Per sviluppare programmi efficaci nella prevenzione delle lesioni al legamento crociato anteriore, è necessaria una conoscenza approfondita dei **movimenti** e dei **meccanismi** alla base di questo tipo di trauma.

Della Villa et al., nello studio *"Systematic Video Analysis of ACL Injuries in Professional Male Football (Soccer): Injury Mechanisms, Situational Patterns and Biomechanics Study on 134 Consecutive Cases"* (15), hanno condotto un'analisi sistematica delle lesioni al legamento crociato anteriore, raccogliendo informazioni dalle banche dati online sugli infortuni verificatisi nei campionati di Serie A e Serie B del calcio professionistico italiano, nel periodo compreso tra la stagione 2008/2009 e il mese di dicembre 2018.

Dopo aver accertato gli infortuni attraverso fonti pubbliche come Transfermarkt (14), Gazzetta dello Sport, Corriere dello Sport o tramite comunicazioni ufficiali dei club, i ricercatori hanno esaminato i video delle azioni che avevano provocato le lesioni, utilizzando le piattaforme Wyscout.com e Paninidigital.com.

Per analizzare con precisione sia il contesto di gioco sia il meccanismo lesivo responsabile dell'evento, ogni filmato è stato montato includendo i 15 secondi precedenti e i 5 secondi successivi al frame dell'infortunio (IF).

I meccanismi lesivi sono stati suddivisi in tre gruppi:

- **senza contatto**, quando non si è verificato alcun contatto né prima né dopo l'infortunio;
- **con contatto indiretto**, quando l'infortunio è stato provocato da una forza esterna che non agiva direttamente sul ginocchio;
- **con contatto diretto**, quando l'infortunio è stato causato da una forza esterna che agiva direttamente sul ginocchio.

Da ogni video sono state raccolte informazioni riguardanti il mese dell'infortunio, il minuto e il tempo di gioco della partita, i minuti disputati dal calciatore prima dell'infortunio e infine la localizzazione dell'evento sul campo regolamentare FIFA, suddiviso in 11 zone distinte (16).

Sono state rilevate 148 lesioni al LCA, di cui 55 in Serie A, 75 in Serie B, 10 in competizioni internazionali, 6 in Coppa Italia e 2 in amichevoli. Nel 90% dei casi, cioè 121 episodi, l'infortunio si è verificato nell'arto caricato.

Con riferimento ai meccanismi lesivi, suddivisi precedentemente nei tre gruppi, senza contatto, con contatto indiretto e con contatto diretto, è emersa un'equivalenza tra le lesioni senza contatto e quelle con contatto indiretto, con 59 casi ciascuno (44%), mentre le lesioni da contatto diretto sono risultate 16, pari al 12%.

Le lesioni da contatto diretto si sono verificate in entrambi le fasi di gioco, 9 in fase difensiva e 7 in fase offensiva, con 5 da contrasto attivo, 8 da contrasto passivo e 3 da intervento del portiere. Dal punto di vista biomeccanico, 13 casi, cioè la maggior parte degli infortuni analizzati, è riconducibile ad un carico in valgo sul ginocchio, mentre i restanti 3 sono stati causati da una forza anteriore in iperestensione.

Per le prime due categorie, senza contatto e con contatto indiretto, che complessivamente rappresentano l'88% degli episodi, sono stati individuati quattro distinti pattern situazionali:

- **pressing o contrasto attivo:** in 55 episodi la lesione si è verificata durante un'azione di pressing, tipicamente nella fase di decelerazione o di cambio di direzione, oppure nei casi di contrasto attivo, in cui l'infortunio è avvenuto immediatamente prima o subito dopo il contatto con l'avversario**;**
- **contrasto subito o contrasto passivo:** in 24 casi la lesione è avvenuta a seguito del contatto con l'avversario che ha causato una perturbazione meccanica interessando la parte superiore del corpo in 14 casi e la parte inferiore nei rimanenti 10;
- **ritrovamento dell'equilibrio post calcio:** in 19 episodi l'infortunio è sato causato dal tentativo di ripristino dell'equilibrio successivo ad un tiro. Nella maggior parte dei casi il ripristino è risultato difficoltoso a seguito di un contatto con l'avversario avvenuto quasi sempre a livello del tronco;
- **atterraggio da un salto:** in 8 episodi l'infortunio si è verificato durante la fase di atterraggio, 5 volte in atterraggio monopodalico e 3 in atterraggio bipodalico.

Completano la casistica degli infortuni anche 12 episodi che non rientrano in nessuna delle suddette categorie.

Dal punto di vista biomeccanico, le lesioni al LCA si sono verificate prevalentemente nelle combinazioni dei movimenti e delle posture illustrate in Figura 2, cioè in condizioni di flessione precoce del ginocchio, accompagnata da un carico dinamico in valgo, con abduzione dell'anca e piede orientato lateralmente, saldamente piantato al di fuori della base di supporto. È stata osservata un'inclinazione media del tronco di circa 5° verso il lato del ginocchio infortunato che, nei casi di infortuni da pressing, risultava più marcata, raggiungendo valori fino a 17,5° al momento del frame dell'infortunio. Un'inclinazione laterale del tronco aumenta lo spostamento del centro di massa verso l'esterno determinando un incremento del momento di abduzione a carico dell'articolazione del ginocchio e di conseguenza il carico sul LCA.

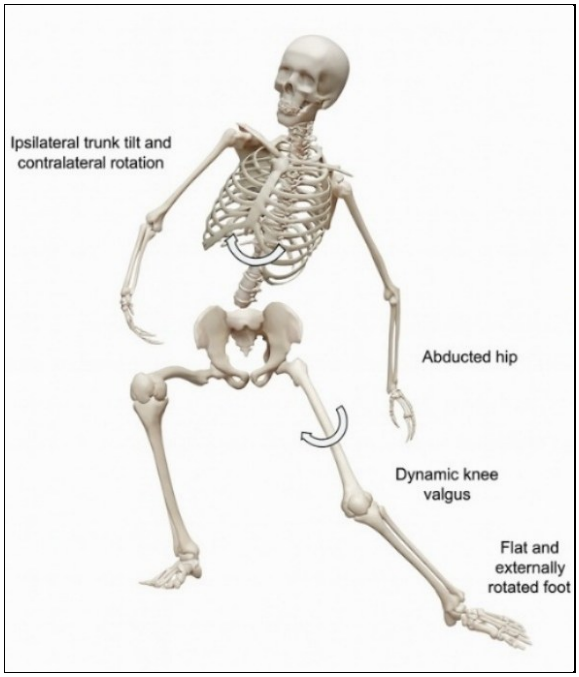

Figura 2 Movimenti e posture sfavorevoli associati ad aumentato rischio di lesione del LCA.

Un dato particolarmente significativo, emerso dallo studio, indica che il 96% degli infortuni si è verificato in condizioni di assenza di pioggia. Inoltre, l'elevata incidenza di lesioni registrata nella prima frazione di gioco, suggerisce che l'accumulo di fatica durante la partita non rappresenti un fattore di rischio primario. È anche interessante osservare che un quarto degli infortuni si è verificato nei primi quindici minuti di gara, circostanza che indica una possibile correlazione tra l'insorgenza dell'infortunio nelle fasi iniziali e una preparazione neuromuscolare non adeguata nei giocatori ancora freschi e non affaticati.

EFFETTO DELLA CONFIGURAZIONE DELLA SUOLA DELLO SCARPINO SULLA TRAZIONE TRASLAZIONALE

Un fattore in grado di influenzare significativamente la biomeccanica dei movimenti del calciatore è rappresentato dalla suola della scarpa utilizzata.

Loud et al. hanno condotto uno studio di laboratorio intitolato *"Effect of Soccer Boot Outsole Configuration on Translational Traction Across Both Natural and Artificial Playing Surfaces"* (17) per valutare gli effetti della configurazione della suola sulla trazione-traslazionale sia su erba naturale che su erba artificiale.

La trazione traslazionale è definita come il rapporto tra la forza applicata lungo la direzione del movimento e quella lungo la verticale. Valori moderati sono considerati favorevoli in termini di stabilità, mentre valori troppo elevati o troppo bassi possono aumentare il rischio di lesione del legamento crociato anteriore, rispettivamente a causa della fissazione del piede al terreno o di scivolamenti incontrollati. Questo rapporto tra forze è influenzato dalla geometria, dalla lunghezza e dalla disposizione dei tacchetti, che di conseguenza condizionano il rischio di infortunio (18).

I valori del coefficiente di trazione TC, sono stati misurati in condizioni di carico assiale e longitudinale, con differenti configurazioni di suole e su diversi tipi di superficie di gioco, in erba naturale e sintetica, utilizzando un apparato composto da un piede artificiale fissato ad una piattaforma mobile, in grado di muoversi ad una velocità costante di 4 km/h, registrando i valori della forza su una cella di carico.

Le superfici di gioco analizzate, tutte approvate dalla FIFA, provenivano dai club della massima serie semiprofessionistica del Sud Australia, ed erano formate da un manto in erba naturale e in erba sintetica di terza generazione (Artificial Grass), con riempimento in SEBS (Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene, elastomero termoplastico).

Nello studio sono stati testati tre modelli Nike, riportati in Figura 3, Legend 9 Elite, Mercurial Vapor 14 Elite e Phantom GT2 Pro TF, selezionati perché venivano utilizzati, secondo un'indagine condotta nel 2020 dal media francese Outlet Footpack (19), dal 52% dei giocatori nei 5 principali campionati europei, Premier League, LaLiga, Serie A, Bundesliga e Ligue 1, nelle seguenti versioni:

- FGC (Firm Ground Circolar), con 13 tacchetti di plastica corti stampati direttamente sulla suola;
- FGB (Firm Ground Blade Shaped), versione dotata di 10 tacchetti di plastica a lama per aumentare l'area di contatto sui terreni compatti;
- SG (Soft Ground), dotata di 6 tacchetti in ferro più lunghi per affondare più efficacemente nei terreni più morbidi;
- AG (Artificial Ground), con un maggior numero di tacchetti più piccoli distribuiti su tutta la suola;

– TF (Turf), caratterizzata da una suola in gomma dotata di tantissimi tacchetti di dimensioni ridotte, adatta per le superfici sintetiche di vecchia generazione;

Figura 3 Modelli di scarpe testati per valutare gli effetti della suola sulla trazione traslazionale

Per ciascun scarpino sono state eseguite dieci prove su due differenti superfici, testando 4 tipi di movimento, anteriore, posteriore, mediale e laterale, controllando costantemente la temperatura dell'aria, l'umidità, e il contenuto d'acqua del campo.

Dall'analisi dei risultati è emerso che tacchetti più lunghi, o dalla forma irregolare, producono valori di trazione più elevati rispetto a quelli più corti e dalla forma ellittica. Tra i modelli analizzati, la versione TF ha prodotto i valori di trazione più bassi, mentre la configurazione FG ha fatto registrare valori più elevati. In generale, la trazione è risultata mediamente più elevata sui campi con superficie in erba artificiale.

I valori del coefficiente di trazione (TC), determinati per le diverse configurazioni di suola in relazione ai differenti movimenti e alle varie superfici di gioco, sono riportati in Tabella 5.

In particolare le sperimentazioni hanno evidenziato che:

– nei movimenti posteriori, la versione TF ha prodotto bassa trazione, mentre le versioni FGB e AG hanno prodotto valori elevati;

– su erba naturale, la versione FGB ha evidenziato valori di trazione inferiori rispetto alla versione FGC;

– nei movimenti anteriori, associati a un maggior rischio di infortuni al LCA per fissazione del piede, le versioni SG e FGB hanno presentato valori di TC più alti;

– nel taglio incrociato, ossia nel cambio di direzione dallo stesso lato della gamba d'appoggio, la versione TF ha fatto registrare valori di TC più bassi, mentre la versione SG ha fatto registrare i valori più elevati;

– nei movimenti laterali, nessuna configurazione ha generato valori del coefficiente di trazione TC particolarmente alti, sebbene la versione TF abbia mantenuto valori più bassi e la versione SG più alti.

Condizione	Osservazioni
Movimenti posteriori	TF < trazione rispetto FGB e AG
Erba naturale	FGB < valori di TC rispetto a FGC
Movimenti anteriori	SG e FGB > valori di TC (rischio LCA)
Taglio incrociato	TF < valori TC rispetto a SG
Movimenti laterali	TF < valori TC rispetto a SG (anche se nessuna configurazione ha registrato valori particolarmente alti)

Tabella 5 Confronto delle forze di trazione tra diverse configurazioni di suola in relazione ai movimenti e ai terreni di gioco.

In conclusione, questo studio ha dimostrato come la configurazione della suola, il tipo di superficie di gioco e le condizioni di carico, influenzino la trazione del piede degli atleti sul terreno di gioco, e in particolare come i tacchetti più lunghi o di forma irregolare, generino complessivamente valori di trazione maggiori sulle 4 direzioni e su entrambe le superfici analizzate, determinando un maggiore fissaggio del piede con un aumento del rischio di infortunio.

TRATTAMENTO CONSERVATIVO E NON CONSERVATIVO E TEMPI DI RECUPERO

CONFRONTO FRA TRATTAMENTO CONSERVATIVO E TRATTAMENTO NON CONSERVATOIVO E RITORNO ALLO SPORT

Negli ultimi anni si è registrato un crescente interesse scientifico sulla verifica della capacità del sistema neuromuscolare di garantire stabilità e funzionalità dell'articolazione del ginocchio anche in presenza di un legamento crociato anteriore lesionato.

L'articolo "*Treatment after Anterior Cruciate Ligament Injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group*" (20), sintetizza i risultati del Panther Symposium ACL 2019 tenutosi presso l'Università di Pittsburgh, in Pennsylvania, che ha riunito 34 esperti internazionali, tra chirurghi ortopedici, medici dello sport, fisioterapisti e ricercatori provenienti da 18 Paesi, con l'obiettivo di confrontare le evidenze scientifiche e le opinioni sul trattamento chirurgico e non chirurgico delle lesioni al LCA.

Il trattamento non chirurgico prevede che il paziente completi un protocollo riabilitativo progressivo e strutturato, articolato in una fase acuta, finalizzata all'eliminazione delle disfunzioni e dei sintomi residui, seguita da due fasi successive, dedicate rispettivamente al miglioramento della stabilità del ginocchio attraverso esercizi neuromuscolari specifici e all'ottimizzazione della forza muscolare con il progressivo ritorno all'attività sportiva, mediante esercizi mirati.

Al termine del percorso riabilitativo, i pazienti sono stati classificati in base alla loro capacità funzionale in:

- coper: il paziente recupera completamente i livelli di attività pre-infortunio senza alcuna percezione di instabilità articolare;
- adapter: il paziente riduce volontariamente il proprio livello di attività fisica per prevenire episodi di instabilità;
- non-coper: il paziente non riesce a ritornare ai livelli funzionali precedenti a causa di episodi ricorrenti di cedimento articolare.

Il trattamento chirurgico prevede invece la ricostruzione anatomica del legamento, con l'obiettivo di ripristinare dimensioni, orientamento delle fibre di collagene e siti di inserzione del LCA. La tecnica più utilizzata è quella a singolo fascio, scelta dal 90% degli ortopedici, che impiega un innesto autologo per riprodurre la funzione del fascio antero-mediale, responsabile della stabilità antero-mediale del ginocchio, e quella a doppio fascio, adottata nel 7% dei casi, che utilizza due porzioni di tendine gracile e semitendinoso, che derivano dai muscoli flessori, per ricreare più fedelmente l'anatomia e la biomeccanica del legamento, riproducendo anche il fascio postero-laterale, deputato alla stabilità rotazionale. L'innesto autologo più diffuso è quello dei tendini flessori (53%), mentre l'uso di allograft, ossia tessuti provenienti da un donatore geneticamente diverso, è evitato dal 61% degli ortopedici nella ricostruzione primaria (21).

L'obiettivo del trattamento conservativo è ridurre l'instabilità funzionale, mentre quello del trattamento chirurgico è limitare la lassità articolare. Entrambi i trattamenti mirano a preservare i comparti articolari, come menischi e cartilagini, allo scopo di ridurre l'insorgenza di artrosi post-traumatica.

Durante il simposio sono state formulate 12 dichiarazioni, ciascuna delle quali è stata discussa e sottoposta a votazione per alzata di mano. Il consenso è stato considerato valido quando ha raggiunto o superato l'80%.

I risultati hanno evidenziato un elevato grado di accordo tra gli esperti, con le seguenti conclusioni e percentuali di adesione:

- secondo il 100% degli esperti, i trattamenti chirurgici e non chirurgici, sono entrambi opzioni accettabili per la lesione del LCA, valutando i fattori di rischio, le lesioni associate, il livello di attività, gli obiettivi e le aspettative del paziente;
- secondo l'82,6% degli esperti, la scelta del trattamento deve essere un processo decisionale condiviso tra medico e paziente;
- con consenso unanime del 100% degli esperti, lo stato delle strutture stabilizzatrici e di supporto, quali menischi, legamenti e cartilagine, condiziona la scelta terapeutica. Le lesioni associate rendono preferibile un trattamento chirurgico precoce;
- secondo il 95,7% degli esperti, le differenze anatomiche individuali come l'inclinazione tibiale e la morfologia femorale, influenzano la stabilità e devono essere considerate ai fini della scelta del trattamento. L'inclinazione tibiale o il varismo marcato, aumentano l'instabilità anteriore e rotatoria, rendendo preferibile il trattamento chirurgico;
- con consenso unanime del 100%, dopo una lesione del LCA, dovrebbe essere offerto un periodo di riabilitazione progressiva per migliorare la funzionalità, trattando le disfunzioni come versamento articolare e debolezza muscolare;
- secondo il 100% degli esperti, un paziente che, nonostante la riabilitazione, presenta instabilità persistente durante l'attività desiderata, deve essere indirizzato all'intervento, per scongiurare danni meniscali e cartilaginei;
- secondo il 100% degli esperti, lo sviluppo dell'artrosi post-traumatica (PTOA) è ancora poco chiaro e imputabile a diversi fattori, sia seguendo il trattamento chirurgico che quello conservativo. La menisectomia favorisce comunque l'insorgenza della PTOA;
- secondo il 100% degli esperti, il trattamento chirurgico è preferibile, nel medio-lungo termine, nei pazienti che intendono tornare a praticare sport caratterizzati da salti, rotazioni e cambi di direzione;
- secondo il 100% degli esperti, il ritorno allo sport pivotante, senza intervento chirurgico, espone il ginocchio a rischi di lesioni secondarie;
- per il 43,4% degli esperti, nei pazienti attivi, il ritardo dell'intervento può essere un'opzione per un ritorno temporaneo all'attività sportiva, accettando il rischio di lesioni aggiuntive. Il rinvio può essere un'opzione ma potrebbe comportare danni progressivi a menischi e cartilagine;
- secondo il 100% degli esperti, nei pazienti attivi che desiderano tornare ad attività sportive prevalentemente su piano sagittale come corsa, ciclismo, nuoto e sollevamento pesi, il trattamento non chirurgico rappresenta una valida opzione, poiché tali discipline sollecitano

in misura minore le strutture legamentose. L'instabilità può essere compensata attraverso il controllo muscolare e il training neuromuscolare.

- secondo il 100% degli esperti, per i pazienti attivi che desiderano tornare ad attività sportive su piano sagittale, è indicato il trattamento chirurgico in caso di instabilità persistente del ginocchio nella vita quotidiana, al fine di evitare ulteriori danni.

Nonostante il forte consenso tra gli esperti, sarebbe preferibile condurre studi randomizzati su larga scala con follow up a lungo termine. Inoltre sono ancora insufficienti i dati per orientare la scelta terapeutica in caso di lesioni associate a menischi e legamenti collaterali.

TEMPI DI RECUPERO

Secondo gli ortopedici, il successo della ricostruzione chirurgica del LCA è inteso come la prevenzione delle recidive, mentre per gli atleti, il successo coincide con un recupero rapido e un pronto ritorno in campo.

Fino alla fine degli anni '90 si riteneva che il tempo ideale di ritorno allo sport (RTS) fosse di 6 mesi, ma uno studio di Grindem et al. (22) ha evidenziato che ogni mese aggiuntivo riduceva significativamente il rischio di recidive e quindi di nuovi infortuni al neo-legamento, sostenendo un approccio combinato tra criteri funzionali, quali i test di simmetria di forza tra arto operato e controlaterale, gli hop test, i test di equilibrio dinamico e i test clinici, come il cassetto negativo e un periodo di ritorno allo sport più lungo, con l'attuale linea guida di 9 mesi.

Kotsifaki et al., nello studio *"Is 9 months the sweet spot for male athletes to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction?"* (23), hanno analizzato 530 atleti maschi di sport pivotanti, di cui 310 a livello ricreativo e 220 a livello competitivo, a due anni dalla ricostruzione, valutando i risultati raggiunti in base al protocollo riabilitativo seguito. Gli autori hanno ipotizzato che la riabilitazione avesse un ruolo fondamentale nel return to play e hanno valutato il legame tra il ritorno allo sport di atleti che rispettavano i criteri oggettivi e il rischio di infortuni successivi.

Il tipo di innesto e le limitazioni postoperatorie sono state decise dal chirurgo operante e tutti gli atleti hanno seguito un iter riabilitativo personalizzato.

Il percorso riabilitativo è stato diviso in 3 fasi specifiche:

- fase precoce, con il controllo del gonfiore e del recupero sia del movimento che dell'attivazione dei muscoli;
- fase intermedia, mirata al potenziamento muscolare, al ripristino del controllo motorio e all'avvio della corsa e dei salti pliometrici;
- fase avanzata, incentrata sulla ripresa degli esercizi sport-specifici e legati al ruolo.

Le valutazioni, comprendenti test di forza, test di movimento e questionari soggettivi, venivano effettuate ogni 6 settimane per stabilire la possibilità di avanzare di fase e, successivamente, ottenere la dimissione per il ritorno allo sport o indicare un percorso non completato o interrotto.

I criteri richiesti per la dimissione comprendevano:

- assenza di dolore durante i test;
- simmetria della forza tra arto operato e arto controlaterale ≥ 90%;
- simmetria del salto tra arto operato e arto controlaterale ≥ 90%;
- completamento del protocollo sport-specifico;

– formazione sulla prevenzione.

Le principali cause che compromettevano le dimissioni erano rappresentate da complicanze chirurgiche, da artrofibrosi, da inibizione muscolare artrogena e dal dolore anteriore persistente.

Il follow-up a 2 anni è stato registrato attraverso questionari annuali e cartelle cliniche. I risultati hanno mostrato che il 72% degli atleti è tornato a praticare sport pivotanti. In generale si trattava di atleti più giovani, con indice di massa corporea (BMI) inferiori e con un livello di attività pre-infortunio più elevato. Gli atleti competitivi avevano una probabilità di ritorno cinque volte superiore rispetto a quelli ricreativi, mentre una maggiore aderenza al programma riabilitativo aumentava di 3,7 volte la probabilità di ritorno.

Sui 530 atleti analizzati, dopo 2 anni dall'intervento, sono stati registrati questi esiti:

– 456 atleti non hanno riportato nuovi infortuni al ginocchio;

– 71 atleti hanno subito nuovi infortuni al ginocchio, di cui 48 hanno interessato il legamento crociato anteriore (30 omolaterali e 18 controlaterali), 7 infortuni si sono verificati durante la riabilitazione (6 recidive e 1 controlaterale), 23 lesioni hanno riguardato altri comparti del ginocchio, tra cui legamenti collaterali mediali e laterali, menischi mediali e laterali e cartilagine articolare, con 20 casi omolaterali e 3 controlaterali;

– 3 atleti risultavano ancora in fase di riabilitazione.

Per quanto riguarda i tempi, i risultati sono stati i seguenti:

Tempo	**Atleti competitivi**	**Atleti Ricreativi**
Tempo medio di RTS	9,9 mesi ± 3,5	11,6 mesi ± 3,6
Tempo medio tra RTS e nuovo infortunio	13,3 mesi ± 4,4	11,3 mesi ± 4,3

I dati evidenziano che non è tanto il tempo di ritorno allo sport a influenzare il rischio di un nuovo infortunio al legamento crociato anteriore, quanto piuttosto il rispetto dei criteri di dimissione. In altre parole, non conta soltanto il "quando", ma soprattutto il "come" cioè il successo o l'insuccesso della riabilitazione dipende dalla qualità dei contenuti del programma e dal grado di aderenza dell'atleta al programma stesso.

RISCHIO DI RE-INJURY

In Europa, dopo 4 anni dall'infortunio, la quasi totalità dei calciatori professionisti che hanno subito la ricostruzione del legamento crociato anteriore, riesce a tornare all'attività agonistica ma solamente la metà allo stesso livello precedente all'infortunio (12,24). Inoltre, una parte significativa di questi atleti incorre in una recidiva della lesione al crociato dopo il ritorno agli allenamenti e alle competizioni, con un'incidenza del 5-10% sul ginocchio operato (25) e del 4-8% sul ginocchio controlaterale (26).

Su questo aspetto, F. Della Villa et al. hanno condotto uno studio secondario sul report ECIS, denominato "*High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an updated longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study''* (27), monitorando 68 squadre di club, per un periodo di 19 anni, da gennaio 2001 a maggio 2019, con gli obiettivi di analizzare il tasso di seconde lesioni al LCA e identificare i potenziali fattori associati alle recidive della lesione al LCA.

La seconda lesione è stata definita come una nuova rottura del legamento crociato anteriore dello stesso ginocchio o in quello controlaterale, verificatasi solamente dopo il RTT, ossia nel periodo compreso tra l'intervento chirurgico e il ritorno agli allenamenti completi con i compagni. Non sono state invece considerate le lesioni avvenute prima del RTT.

I dati, raccolti direttamente dallo staff medico delle squadre ECIS e attinti dai database transfermarkt.co.uk, hanno coinvolto un totale di 118 calciatori. Dall'analisi è emerso che, nell'arco temporale di circa 4 anni, quasi un quinto degli atleti (21 giocatori) ha subito una seconda rottura del legamento crociato anteriore di cui 11 al ginocchio già operato e 10 al ginocchio controlaterale. Inoltre la nuova rottura si è verificata in tempi mediamente più ravvicinati dall'intervento di ricostruzione del LCA per il ginocchio omolaterale (23,5 ± 18,5 mesi) rispetto a quello controlaterale (31,5 ± 17,7 mesi).

Nell'analisi dei fattori di rischio è emerso come sui 118 giocatori analizzati, la recidiva fosse più frequente per i calciatori con lesione iniziale isolata senza contatto (11 giocatori su 26 = 42,3%) rispetto ai restanti 92 che avevano riportato la prima rottura "associata senza contatto", "isolata con contatto" e "associata con contatto" (9/92 = 9,8%). Va inoltre evidenziato che nessun giocatore con prima lesione associata e da contatto ha subito una nuova lesione. Ne deriva che una lesione senza contatto aumenta il rischio di recidiva 7 volte rispetto ad una con contatto e quella isolata di 3 volte rispetto a quella associata.

È verosimile che la lesione senza contatto avvenga in situazioni di pressing difensivo o di squilibrio post-calcio a causa di fattori preesistenti che possono essere sia non modificabili, come lassità articolare o conformazioni ossee particolari, sia modificabili, come uno stile di gioco troppo aggressivo o un deficit neuromuscolare che potrebbe essere ridotto con allenamenti dedicati, per migliorare il controllo motorio (28,29).

Le lesioni isolate, che potrebbero essere caratterizzate da un RTT meno complesso di quello relativo alle lesioni associate, presentano però un elevato rischio di rottura del trapianto omolaterale che richiede quindi dei tempi di RTT maggiori rispetto alle rotture associate (174 vs 202 giorni).

In generale si è osservato che ogni mese in più, rispetto ai 6 mesi tradizionali, impiegato per il ritorno agli allenamenti, ha comportato una riduzione del 28% del rischio di recidiva e in particolare nessuna recidiva dopo gli 8 mesi dall'intervento. Questo probabilmente perché riabilitazioni più lunghe portano ad un recupero funzionale, neurologico e biologico più completo ed efficace.

PREVENZIONE, IL FIFA 11+ PREVENTION PROGRAM

Come più volte evidenziato, l'incidenza degli infortuni nel calcio è stata ampiamente documentata, tanto che la National Collegiate Athletic Association (NCAA), ha riferito che il calcio si trova al terzo posto per numero di infortuni, durante le gare tra tutti gli sport NCAA (30), con circa 200.000 casi annuali al LCA (31).

Negli ultimi 30 anni sono stati redatti molti programmi di prevenzione dell'infortunio al legamento crociato anteriore che comprendono e includono esercizi pliometrici, di rinforzo muscolare e di agilità (32,33).

Tra questi programmi è presente il "Fifa 11+ prevention program'' descritto in Figura 4, ovvero un riscaldamento dinamico sul campo della durata di 15-20 minuti, da eseguire prima di ogni sessione di allenamento o partita, 2/3 volte a settimana per tutto l'arco della stagione, che comprende esercizi pliometrici, di forza, di agilità e di propiocettività. Studi precedenti hanno dimostrato la riduzione del numero di infortuni nel calcio (34,35), senza però soffermarsi sull'impatto che ha sull'incidenza dell'infortunio al legamento crociato anteriore.

Holly J. Silvers-Granelli et al., in *"Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players?''* (36), si sono posti l'obiettivo di verificare se il programma ''Fifa 11+'' fosse in grado di ridurre il numero di infortuni al LCA nei calciatori maschi a livello universitario competitivo, e se l'eventuale variazione del numero complessivo di infortuni fosse influenzato dal tipo di contesto, partita o allenamento, dal ruolo ricoperto dal giocatore, dal livello di gioco (division I o division II) e dal tipo di superficie del campo.

Per questo studio sono state analizzate 65 squadre, che non avevano mai adottato particolari protocolli di prevenzione da infortuni, per non contaminare il campione. Le squadre erano composte da studenti universitari maschi, con carriera accademica in regola e idonei alla stagione 2012, di età compresa tra i 18 e i 25 anni. Il gruppo di controllo era composto da 34 squadre, con 425 giocatori di prima divisione e altrettanti di seconda mentre il gruppo di intervento era formato da 31 squadre, con 400 giocatori di prima divisione e 275 di seconda.

Nell'arco dell'anno, il gruppo di intervento ha eseguito 1305 sessioni del programma, con una media di 2,19 sessioni a settimana.

I risultati hanno evidenziato una riduzione complessiva degli infortuni al LCA del 77% tra i calciatori aderenti al programma, sia per gli infortuni da contatto che per quelli non da contatto.

Di contro però non sono state osservate differenze significative tra i due gruppi in relazione al contesto, partita o allenamento, al ruolo ricoperto dal giocatore e al tipo di superficie del campo da gioco (erba naturale vs erba sintetica).

Infine, lo studio ha evidenziato come l'applicazione del protocollo nella "First Division'' non abbia comportato una riduzione importante del rischio di infortunio, che invece è risultata significativamente più bassa nella "Second Division'' nel gruppo di intervento rispetto al gruppo di controllo. Questo evidenzia l'efficacia del programma nei contesti con meno risorse, che può essere applicato dagli allenatori, dai genitori e dagli stessi atleti, anche senza particolari conoscenze mediche e biomeccaniche.

Figura 4 Schema del FIFA 11+ Prevention Program: protocollo di riscaldamento dinamico da eseguire per tutto l'arco della stagione e prima degli allenamenti e delle partite.

BIBLIOGRAFIA

1. Fuller CW, Junge A, Dvorak J. Risk management: FIFA's approach for protecting the health of football players. Br J Sports Med. 2012;46(1):11-7.

2. Ekstrand J, Bengtsson H, Hallén A. UEFA Elite Club Injury Study Report 2018/19. 2019.

3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). Am J Sports Med. 2011;39(6):1226-32. doi:10.1177/0363546510395879.

4. Lundblad M, Waldén M, Magnusson H, Karlsson J, Ekstrand J. The UEFA injury study: 11-year data concerning 346 MCL injuries and time to return to play. Clin Orthop Relat Res. 2017;475(12):3418-30. doi:10.1007/s11999-017-5342-5.

5. Pangrazio O, Forriol F. Epidemiology of soccer players' traumatic injuries during the 2015 America Cup. Muscles Ligaments Tendons J. 2016;6(1):124-30.

6. Associazione Italiana Calciatori. Injury time, il peso degli infortuni. 2024.

7. Saladin KS. Anatomia umana. 9ª ed. Versione italiana a cura di De Caro R. Padova: Piccin; 2022.

8. Grassi A, Carulli C, Innocenti M, Mosca M, Zaffagnini S, Bait C; SIGASCOT Arthroscopy Committee. New trends in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of national surveys of the last 5 years. Joints. 2018;6(3):177-87.

9. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and diagnosis of anterior cruciate ligament injuries. Clin Sports Med. 2017;36(1):1-8.

10. Zaffagnini S, Grassi A, Marcheggiani Muccioli GM, et al. Return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in professional soccer players. Knee. 2014;21(3):731-5.

11. Zaffagnini S, Grassi A, Serra M, Marcacci M. Return to sport after ACL reconstruction: how, when and why? A narrative review of current evidence. Joints. 2015;3(1):25-30.

12. Waldén M, Hägglund M, Magnusson H, Ekstrand J. ACL injuries in men's professional football: a 15-year prospective study on time trends and return-to-play rates reveals only 65% of players still play at the top level 3 years after ACL rupture. Br J Sports Med. 2016;50(12):744-50.

13. Grassi A, Macchiarola L, Filippini M, et al. Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in Italian first division soccer players. Sports Health. 2020;12(3):279-88.

14. Leventer L, Eek F, Hofstetter S, Lames M. Injury patterns among elite football players: a media-based analysis over 6 seasons with emphasis on playing position. Int J Sports Med. 2016;37(11):898-908.

15. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, et al. Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanisms, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. Br J Sports Med. 2020;54(23):1423-32.

16. Marshall SW, Padua D, McGrath M. Incidence of ACL injury. In: Hewett TE, Schultz SJ, Griffin LY, editors. Understanding and preventing noncontact ACL injuries. Champaign (IL): Human Kinetics; 2007. p. 5-29.

17. Loud D, Grimshaw P, Kelso R, Robertson WSP. Effect of soccer boot outsole configuration on translational traction across both natural and artificial playing surfaces. Orthop J Sports Med. 2024;12(8):23259671241259823. doi:10.1177/23259671241259823.

18. Kuhlman S, Sabick M, Pfeiffer R, Cooper B, Forhan J. Effect of loading condition on the traction coefficient between shoes and artificial turf surfaces. Proc Inst Mech Eng P J Sports Eng Technol. 2010;224(2):155-65.

19. Prouteau T. 90% of European footballers wear Nike or Adidas boots. Footpack.fr. Published November 18, 2022. Available from: https://www.footpack.fr/132897-90-des-footballeurs-europeens-portent-des-crampons-nike-ou-adidas-infographie-footpack.

20. Diermeier T, Rothrauff BB, Engebretsen L, Lynch AD, Ayeni OR, Paterno MV, et al. Treatment after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2020;28(8):2390-402. doi:10.1007/s00167-020-06012-6.

21. Sherman SL, Calcei J, Ray T, Magnussen RA, Musahl V, Kaeding CC, et al. ACL Study Group presents the global trends in ACL reconstruction: biennial survey of the ACL Study Group. J ISAKOS. 2021;6(5):322-8.

22. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, et al. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med. 2016;50(13):804-8.

23. Kotsifaki R, King E, Bahr R, Whiteley R. Is 9 months the sweet spot for male athletes to return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction? Br J Sports Med. 2025. doi:10.1136/bjsports-2024-108733.

24. Krutsch W, Memmel C, Krutsch V, et al. High return to competition rate following ACL injury: a 10-year media-based epidemiological injury study in men's professional football. Eur J Sport Sci. 2020;20(5):682-90.

25. Erickson BJ, Harris JD, Cvetanovich GL, et al. Performance and return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction in male Major League Soccer players. Orthop J Sports Med. 2013;1(7):232596711349718.

26. Schiffner E, Latz D, Grassmann JP, et al. Anterior cruciate ligament ruptures in German elite soccer players: epidemiology, mechanisms, and return to play. Knee. 2018;25(2):219-25.

27. Della Villa F, Hägglund M, Della Villa S, Waldén M, Ekstrand J. High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an updated longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study. Br J Sports Med. 2021;55(22):1350-7.

28. Webster KE, Hewett TE. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. J Orthop Res. 2018;36(10):2696-708.

29. Nagelli C, Di Stasi S, Tatarski R, et al. Neuromuscular training improves self-reported function and single-leg landing hip biomechanics in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. Orthop J Sports Med. 2020;8(9):2325967120959347.

30. Agel J, Evans TA, Dick R, Putukian M, Marshall SW. Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System. J Athl Train. 2007;42(2):270-7.

31. Albright JC, Carpenter JE, Graf BK. Knee and leg: soft tissue trauma. Rosemont (IL): American Academy of Orthopaedic Surgeons; 1999.

32. Giza E, Silvers HJ, Mandelbaum BR. Anterior cruciate ligament tear prevention in the female athlete. Curr Sports Med Rep. 2005;4(2):109-11.

33. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. Am J Sports Med. 2006;34(9):1512-32.

34. Owoeye OB, Akinbo SR, Tella BA, Olawale OA. Efficacy of the FIFA 11+ warm-up programme in male youth football: a cluster randomised controlled trial. J Sports Sci Med. 2014;13(2):321-8.

35. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, Insler S, Bizzini M, Pohlig R, et al. Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. Am J Sports Med. 2015;43(11):2628-37.

36. Silvers-Granelli HJ, Bizzini M, Arundale A, Mandelbaum BR, Snyder-Mackler L. Does the FIFA 11+ injury prevention program reduce the incidence of ACL injury in male soccer players? Clin Orthop Relat Res. 2017;475(10):2447-55. doi:10.1007/s11999-017-5342-5.