



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI MEDICINA E CHIRURGIA

---

Corso di Laurea in Fisioterapia

**LA RIABILITAZIONE SECONDO L'EBP  
DELL' ATLETA CON LESIONE DELL'ACL  
DALLA FASE POST- INTERVENTO  
CHIRURGICO AL RETURN TO PLAY:  
CASE REPORT**

Relatore: Chiar.ma  
**Dott.ssa Lorian Barchiesi**

*Lorian Barchiesi*

Tesi di Laurea di:  
**Francesco Mazzagufò**

*Francesco Mazzagufò*

A.A. 2023/2024

## INDICE

Introduzione.....	1
Capitolo 1: Legamento crociato anteriore.....	2
1.1. <i>L'anatomia</i> .....	2
1.2. <i>Epidemiologia</i> .....	5
1.3. <i>Fattori di rischio</i> .....	7
1.4. <i>Meccanismi di lesione</i> .....	9
Capitolo 2: L'approccio chirurgico nella lesione dell'ACL.....	12
2.1. <i>Valutazione e test clinici</i> .....	12
2.2. <i>La presa di decisione e l'operazione</i> .....	15
2.3. <i>Tipologia dei graft e relativa guarigione</i> .....	17
2.4. <i>Principale complicanza post-operatoria: l'AMI</i> .....	21
Obiettivo.....	23
Capitolo 3: Cosa dice la scienza.....	24
3.1. <i>Proposta di percorso riabilitativo</i> .....	24
3.2. <i>Considerazioni Evidence Based</i> .....	28
Materiali e metodi.....	33
Capitolo 4: Caso clinico.....	35
Capitolo 5: La riabilitazione.....	36
5.1. <i>Fase acuta</i> .....	36
5.2. <i>Fase intermedia</i> .....	40
5.3. <i>Fase finale e return to play</i> .....	42

Risultati.....	44
Discussione.....	47
Conclusioni.....	49
Allegati.....	50
Bibliografia.....	56
Ringraziamenti.....	66

## ***INTRODUZIONE***

L'infortunio al legamento crociato anteriore è purtroppo uno dei più comuni nell'ambito sportivo. In questo periodo storico sta aumentando sempre più il numero di casi, specialmente in sport come il calcio, anche ad altissimi livelli. Le cause dietro questo aumento esponenziale sono varie, ma è stato notato un notevole aumento soprattutto nei giovani sportivi fino ai 20 anni, come il protagonista di questo elaborato. Facendo parte dello staff del settore giovanile di una squadra di calcio, ho la possibilità di seguire da vicino i giovani ragazzi sotto i 20 anni, interfacciandomi con loro durante tutto l'anno calcistico. Durante un allenamento, un ragazzo ha riportato la lesione del legamento crociato anteriore, e si è subito rivolto a me per un parere. Dopo averlo valutato e soprattutto dopo aver effettuato una visita con un medico ortopedico, è stata presa la decisione di operare, e mi è stato chiesto di seguire questo ragazzo nella fase riabilitativa, sotto la guida ortopedica. Le evidenze scientifiche riguardanti la riabilitazione del crociato anteriore sono vastissime e altrettanto varie, a volte anche discordanti, e questo spiega come spesso il percorso riabilitativo sia lungo e molto complesso da gestire, con tanti fattori da considerare e obiettivi da raggiungere. Nonostante ciò, ho scelto di seguire le ultime evidenze scientifiche per quanto possibile, con la collaborazione del ragazzo che si è mostrato subito volenteroso e molto collaborante. È stato possibile seguire il ragazzo giornalmente, soprattutto nella prima fase, anche per una mia personale curiosità riguardo ai feedback che lui mi potesse fornire relativi al percorso che stavamo effettuando.

# CAPITOLO 1: LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE

## *1.1: L'anatomia*

Il legamento crociato anteriore si inserisce sull'area intercondiloidea anteriore del piatto tibiale, da qui decorre obliquamente in direzione posteriore, superiore e laterale per inserirsi sul lato mediale del condilo femorale laterale. Le fibre di collagene all'interno dell'LCA si attorcigliano l'una sull'altra, formando gruppi di fasci spiralizzati costituiti principalmente da collagene di tipo 1. La maggior parte degli autori definisce due serie di fasci di fibre: anteriore-mediale e posteriore-laterale, in base alle relative inserzioni sulla tibia.

Il legamento crociato anteriore è collocato in sede intra-articolare ma extra-sinoviale, in quanto la membrana sinoviale forma una doccia a concavità posteriore che accoglie entrambi i legamenti crociati, che sono quindi a contatto con la superficie esterna della sinoviale ma al di fuori della capsula sinoviale, e ha un apporto di sangue relativamente povero ma dato dall'arteria genicolata mediale. Esso contiene inoltre molti meccanocettori, che forniscono indirettamente al sistema nervoso un feedback propriocettivo.

La tensione, la torsione e l'orientamento spaziale generale dei fasci di fibre all'interno del LCA cambiano quando il ginocchio si flette e si estende. In qualsiasi punto lungo il range di movimento sul piano sagittale, alcune fibre del LCA sono relativamente tese. La maggior parte delle fibre, soprattutto quelle all'interno del fascio posteriore-laterale, diventano progressivamente più tese quando il ginocchio si avvicina e raggiunge l'estensione completa. Il fascio antero-mediale è teso in flessione, quello postero-laterale in estensione. Durante la fase dell'estensione, entrambi i fasci sono paralleli; in flessione invece, i fasci si incrociano, e quello antero-mediale è teso, mentre l'altro risulta deteso. Il legamento crociato anteriore è una struttura chiave del ginocchio, perché resiste alla traslazione anteriore della tibia e limita la rotazione mediale e laterale, ovvero gli stress in valgo e in varo. La funzione principale del fascio antero-mediale è limitare la traslazione anteriore della tibia, mentre quella del fascio postero-laterale è di stabilizzare il ginocchio a pochi gradi dall'estensione completa, particolarmente contro i carichi di

rotazione.

La rottura del fascio posterolaterale causa un incremento dell'iperestensione, della traslazione anteriore, un aumento della rotazione interna ed esterna a ginocchio esteso. La rottura del fascio anteromediale, invece, causa una instabilità anterolaterale con un aumento della traslazione anteriore in flessione, un minimo aumento dell'iperestensione e sempre minimo aumento dell'instabilità nella rotazione.

Andiamo a vedere delle considerazioni di artrocinematica e osteocinematica. La flessione e l'estensione del ginocchio sono movimenti che avvengono su un asse di rotazione medio-laterale che non rimane fisso ma subisce una migrazione durante il movimento del ginocchio. Per quanto riguarda la rotazione assiale, si fa riferimento ad entrambe le rotazioni, sia interna che esterna. A ginocchio esteso le rotazioni sono pressochè assenti, poiché la tensione passiva legamentosa e capsulare garantisce maggior congruenza tra i capi articolari, fornendo maggior stabilità all'articolazione stessa e limitando movimenti potenzialmente lesivi. La rotazione assiale aumenta progressivamente con la flessione di ginocchio, con ginocchio fisso a 90° si possono avere 45° di rotazione assiale.

Prendendo in considerazione la prospettiva tibio-femorale, durante l'estensione di ginocchio, la superficie articolare della tibia rotola e scivola anteriormente rispetto ai condili femorali. Dal punto di vista femoro-tibiale invece, durante l'estensione i condili femorali rotolano anteriormente mentre scivolano posteriormente sulla superficie della tibia. La screw-home rotation, rappresentando un'azione di bloccaggio rotatorio negli ultimi 30° di estensione per una rotazione esterna tibiale di circa 10°, risulta essere un elemento fondamentale per la stabilità del ginocchio.

Partendo dalla massima estensione del ginocchio, il movimento di flessione richiede in primo luogo uno sblocco dell'articolazione attraverso una rotazione interna tibiale, svolta dal muscolo popliteo. Nella prospettiva tibio-femorale, durante la flessione di ginocchio la superficie articolare della tibia rotola e scivola posteriormente rispetto ai condili femorali. Dal punto di vista femoro tibiale invece, i condili femorali rotolano posteriormente mentre scivolano anteriormente sulla superficie della tibia. Dal punto di vista funzionale, i legamenti crociati limitano i movimenti eccessivi in direzione antero-posteriore e in caso di lacerazione di uno di questi legamenti, si assiste

ad una alterazione della biomeccanica articolare. Per l'asimmetria dei punti di inserzione, la lunghezza e la tensione del LCA e del LCP variano durante la flessione-estensione di ginocchio. Questa interazione è conosciuta come "4-bar cruciate linkage system", e fornisce stabilità dinamica all'articolazione del ginocchio durante le attività. In stazione eretta a ginocchio teso, il legamento crociato anteriore risulta teso, mentre il crociato posteriore non risulta in tensione. Se immaginiamo di passare ad una posizione a ginocchio flesso, come nel movimento di sedersi, la banda postero-laterale del LCA riduce la sua tensione e il LCP entra in tensione. La stabilità del ginocchio è ridotta tra i 20° e i 50° di flessione in quanto entrambi i crociati sono detesi. All'aumentare della flessione è il LCP che sarà maggiormente teso e assumerà un orientamento più verticale, mentre il crociato anteriore assumerà un orientamento più orizzontale. La funzione principale del crociato anteriore è quindi la prevenzione della traslazione anteriore della tibia e la stabilizzazione della rotazione tibiale interna e dell'angolazione in valgo del ginocchio. In massima estensione, il crociato anteriore assorbe il 75% del carico di traslazione anteriore e l'85% tra i 30° e i 90° di flessione. Da ricerche su cadavere, sembra che il fascio postero-laterale abbia un ruolo di stabilizzatore negli angoli prossimi all'estensione, mentre il fascio antero-mediale sembra avere un ruolo nel controllo ai gradi maggiori di flessione. Tuttavia, alcuni autori hanno concluso che la tensione del fascio antero-mediale rimane pressochè costante nei gradi da 0° a 120° di flessione. Nel ginocchio integro le fibre antero-mediali resistono a forza di rotazione interna mediale: quando un crociato è deficitario o rotto, si assiste ad un aumento della rotazione interna tibiale da 4° a 30°. Sebbene l'effetto sulla rotazione interna non sia eccessivo, il deficit del LCA può comportare una alterazione dell'asse di rotazione verso una posizione più mediale, modificando la biomeccanica articolare. In più, quello che si può osservare in caso di rottura del legamento crociato anteriore è un aumento della traslazione tibiale fino a 10-15 mm a 30° di flessione sotto un carico di 134 N. Come affermato precedentemente, i legamenti crociati hanno un ruolo fondamentale nella biomeccanica articolare, con la funzione di limitare il movimento in direzione antero-posteriore del ginocchio. Una lesione, parziale o totale, del LCA può alterare significativamente la meccanica del cammino. Durante la deambulazione si assiste ad una forza di reazione che va da 2 a 5 volte il peso della persona, e può arrivare fino a 24 volte il peso corporeo durante la corsa. Butler e collaboratori hanno dimostrato che il legamento

crociato anteriore fornisce l'86% di resistenza alla traslazione anteriore della tibia rispetto al femore. Il quadricipite e gli hamstrings possono generare forze di traslazione anteriori o posteriori, incrementando oppure riducendo il carico sul LCA: in un range di flessione da 0° a 60° la contrazione del quadricipite esercita, attraverso il tendine rotuleo, una forza sulla tibia diretta anteriormente, aumentando il carico sul legamento crociato anteriore, mentre tale carico riduce quando la flessione supera i 60°, generando una forza diretta posteriormente. Per gli hamstrings, la loro contrazione esercita una forza diretta posteriormente per l'intero range di movimento dell'articolazione del ginocchio, riducendo il carico a livello del LCA. Pertanto, l'attivazione muscolare di quadricipite e hamstrings durante le attività di vita quotidiana influenza il carico su questo legamento. Negli adulti sani la forza massima applicabile è circa di 2000N, e per questo, negli individui che si sottopongono ad intervento di ricostruzione di crociato anteriore, l'innesto del legamento dovrebbe garantire una resistenza simile, perciò è importante fare attenzione, soprattutto nei primi mesi post intervento, al sito di innesto, per evitare di generare carichi potenzialmente lesivi.

## ***1.2: Epidemiologia***

La lesione del legamento crociato è un evento poco frequente nella popolazione generale. Sono stati condotti diversi studi su base nazionale ed è stata calcolata un'incidenza annuale compreso tra 0,01 e 0,05%, con un valore mediano di 0,03%. [1][2] Questo significa che se consideriamo la popolazione generale, ogni anno si verificano circa 30 nuovi casi ogni 100.000 abitanti. Lo stesso studio riporta che selezionando come campione la popolazione dei militari l'incidenza aumenta a 0,3-2,14% e sale fino a 3,67% negli studi riguardanti sportivi d'élite [3].

In primis, dobbiamo essere consapevoli che nella popolazione generale sono inclusi anche i bambini e gli anziani, ossia soggetti meno a rischio considerando il livello e la tipologia di attività fisica svolta. Se selezionassimo, all'interno popolazione generale, una fascia d'età comparabile (indicativamente 15-40 anni) con quella degli studi presenti su sportivi e militari, l'incidenza sicuramente aumenterebbe. Gli sport sottoposti a maggior osservazione per indagare l'incidenza delle lesioni del crociato sono anche quelli che più predispongono a questo tipo di infortunio, mentre tipologie di sport a basso impatto o che

non prevedono contatto fisico sono meno studiate quindi non incluse nel conteggio. La categoria degli sportivi d'élite risulta la più studiata in assoluto, sia perché effettivamente più soggetta a questo tipo di infortunio, sia perché a questo livello ci sono mezzi ed interessi superiori per condurre determinate indagini rispetto a squadre dilettantistiche o amatoriali. L'incidenza sembrerebbe essere infatti solamente dello 0,03% negli sportivi amatoriali rispetto all'1,62 delle squadre d'élite [1]. Questo significa che, tenendo in considerazione principalmente squadre professionistiche, l'incidenza nella popolazione sportiva potrebbe risultare sovrastimata rispetto allo sport preso in esame. Se conduciamo un'analisi proporzionale dell'evento invece, emerge come la popolazione femminile abbia un'incidenza notevolmente maggiore in tutte le differenti pratiche sportive. Il rapporto tra infortuni nella popolazione femminile e maschile riportato dagli studi epidemiologici è variabile, ma oscilla tra 1,5 e 3. [4][5][6][7]. Tale variabilità è correlata anche alla tipologia di sport praticato; infatti, gli sport di squadra che prevedono rapidi cambi di direzione e contatto fisico sembrerebbero infatti maggiormente colpiti rispetto a sport singoli o svolti in acqua. Se consideriamo la popolazione maschile della medesima età, la disciplina sportiva che presenta la maggiore incidenza di lesioni è il football, seguono a livello di incidenza: lacrosse, calcio e wrestling.

Uno studio recente ha seguito i calciatori di squadre italiane di serie A per 7 stagioni consecutive al fine di raccogliere dati sull'epidemiologia delle lesioni del crociato anteriore in Italia. Sono state rilevate 0.4215 lesioni per 1000 ore di gioco e 0.0305 per 1000 ore di allenamento, per un totale di 0.0618 lesioni del crociato ogni 1000 ore di esposizione totale. [8]. Ciò significa che il 2,04% dei giocatori che hanno preso parte al campionato italiano in queste 7 stagioni hanno subito una lesione al crociato con un totale di 0.6 lesioni per team ogni stagione. All'incirca ci si aspetta una lesione ogni 72 partite di serie A, ossia una ogni 7 giornate di campionato. Delle 84 lesioni individuate, il 43% è avvenuto a discapito di un difensore, seguito dai centrocampisti al 31%, attaccanti al 20% e portieri al 6%. Un dato in particolare ci invita alla riflessione: nel 25% dei casi la lesione è avvenuta a carico di un atleta che era già stato sottoposto ad intervento di ricostruzione del crociato. Nello specifico si tratta di recidive nel 15% dei casi e di lesioni del crociato controlaterale nel 10% dei casi. Un'altra osservazione riscontrata in questo studio [8], ma confermata da altri autori [5] è la maggior incidenza di infortuni durante la

partita (44%) rispetto agli allenamenti (40%) sia in termini assoluti che proporzionali alle ore di esposizione: questo significa che il rischio in partita aumenta di circa 14 volte. Purtroppo i casi di re-injury sono piuttosto frequenti: la percentuale di soggetti che subisce un secondo infortunio allo stesso ginocchio nei 5 anni successivi alla ricostruzione del legamento supera il 15% e di circa l'8% al ginocchio controlaterale. Se andiamo ad analizzare separatamente i dati dei pazienti più giovani con meno di 20 anni, la percentuale totale sale al 21%, con il 10% di recidive e l'11% di lesioni al legamento controlaterale. [9] Allo stesso modo, analizzando solo i dati degli atleti che effettivamente sono ritornati alla stessa attività fisica esponendosi quindi a rischi maggiori di re-injury, la percentuale sale al 20%, dove l'8% sono relativi al legamento omolaterale, mentre il 12% è relativo al controlaterale. Come ultimo dato, se andiamo a considerare i giovani che ritornano ad effettuare attività sportive, la percentuale di re-injury sale al 23%, praticamente 1 su 4. Nei casi in cui non sia indispensabile una seconda ricostruzione del legamento, risultano a volte necessarie altre tipologie di intervento. Si stima che a 6 anni dalla prima operazione, addirittura il 20% dei pazienti necessiti di sottoporsi ad intervento chirurgico per il ginocchio omolaterale [10].

### ***1.3: Fattori di rischio***

In linea generale, i fattori di rischio per la lesione del legamento crociato anteriore sembrano essere suddivisibili in due grandi macrocategorie: modificabili e non modificabili. Questa divisione è importante dal punto di vista clinico e da quello della prevenzione degli infortuni. Infatti, chi si occupa di questi aspetti ritiene sia estremamente importante individuare quelli che sono i fattori di rischio modificabili poiché sono gli unici su cui è possibile concentrare gli interventi preventivi. Allo stesso modo, i fattori di rischio non modificabili sono utili per identificare i soggetti che hanno un maggior rischio di subire un determinato infortunio e su cui concentrare maggiormente gli interventi preventivi volti a modificare eventuali altri fattori di rischio modificabili presenti negli stessi soggetti. Sia i fattori di rischio non modificabili che i fattori di rischio modificabili possono essere divisi in intrinseci (interni all'individuo come, ad esempio: la sua anatomia, la sua genetica, le sue capacità condizionali) ed estrinseci (esterni all'individuo come, ad esempio: il campo da gioco o le condizioni atmosferiche).

Parliamo ora dei fattori di rischio non modificabili:

Fattori anatomici: i più studiati riguardano i parametri legati alla fossa intercondiloidea e alle sue dimensioni. Una recente revisione sistematica [11] ha evidenziato come una stenosi della fossa intercondiloidea o un ridotto indice di ampiezza della fossa siano dei fattori di rischio.

Fattori genetici: intesi sia come predisposizione familiare che come modificazioni o associazioni di geni. Alcuni studi hanno infatti riportato una maggiore incidenza e un maggior rischio di lesione al legamento crociato anteriore in soggetti con storia familiare di questo tipo di infortunio [12][13].

Fattori legati al genere: i soggetti di sesso femminile presentano un rischio di lesione al legamento crociato anteriore da tre a sei volte maggiore dei soggetti di sesso maschile, soprattutto quando si considerano gli infortuni da non contatto [14][15][16][17].  
Precedenti lesioni al legamento crociato anteriore: una precedente lesione di questo legamento porta ad avere una maggiore probabilità di incorrere nello stesso infortunio, sia sullo stesso arto che sull'arto controlaterale. [18][19][20][21] Questo rischio sembrerebbe essere addirittura 15 volte più alto, con gli individui di sesso femminile con un rischio 4 volte più alto di lesionarsi il legamento del ginocchio omolaterale e 6 volte quello del controlaterale. [22].

Tra i fattori intrinseci troviamo:

- Scarso controllo neuromuscolare: spesso si manifesta con una maggior propensione dell'individuo a compiere le attività in carico con un'elevata abduzione del ginocchio e con un elevato picco di abduzione [23];
- Alterato rapporto agonisti/antagonisti, anche se in questo caso le evidenze sono conflittuali [24];
- Maggiore oscillazione posturale in appoggio bipodalico [19];
- BMI elevato [25][26][27];
- Abilità di controllare i movimenti del tronco in risposta a perturbazioni;

Tra i fattori estrinseci invece troviamo:

- Una superficie di gioco in erba rispetto al sintetico indoor riduce il rischio;

- Quando il clima è freddo si ha una riduzione del rischio di distorsioni al ginocchio sia su erba che su superficie sintetica, dovuto probabilmente ad una ridotta trazione tra scarpa e superficie;
- Gli infortuni sembrano essere più presenti in campi con erba sintetica [28];
- Non c'è consenso tra la tipologia di scarpa e rischio di lesione;
- I difensori sono i giocatori con il ruolo esposto a maggior rischio.

#### ***1.4: Meccanismi di lesione***

L'infortunio è un momento complesso, in cui diverse forme interagiscono tra loro e generano movimenti che sono oggetto di continui adattamenti da parte del nostro sistema nervoso.

Secondo alcuni autori, il cedimento del ginocchio in valgismo durante l'atterraggio da un salto o durante un cambio di direzione sarebbe il responsabile principale dell'infortunio poiché questo movimento è stato osservato nella maggioranza degli eventi lesivi [29][30]. Secondo altri invece, uno squilibrio tra l'attivazione del quadricipite e degli ischio-crurali genererebbe una trazione anteriore di tibia tale da indurre una sorta di "cassetto anteriore" che porterebbe ad aumentare lo stress sul legamento fino alla lesione [31]. Ulteriori studi sostengono che uno stress in intra-rotazione di tibia porterebbe ad una sorta di impingement del legamento all'interno dell'articolazione, aumentandone la tensione e le probabilità di rottura [32].

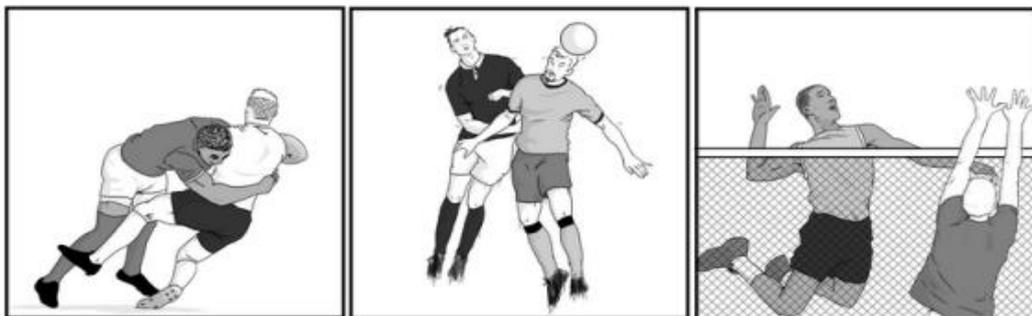
Sul piano sagittale, la condizione principale in cui avvengono lesioni, indirette e dirette, presenta la flessione del ginocchio intorno ai 20-30° e quasi mai supera il 45°, angolazione in cui il ginocchio è più vulnerabile ed altre forze, come la traslazione anteriore di tibia, possono essere amplificate.

Sul piano frontale, lo stress in valgo da solo non è in grado di generare una tensione così forte da lesionare il crociato quando le altre strutture legamentose sono integre. Questo perché il puro movimento in valgo stressa il legamento collaterale mediale, prima ancora di arrivare al crociato anteriore. Nonostante ciò, la componente in valgismo o varismo da compensazione risulta presente in più dell'80% dei casi, per questo il ruolo del valgismo

resta importante nella genesi di questo infortunio, combinato con gli altri movimenti sugli altri piani.

Sul piano trasversale, anche i movimenti in extra e intra rotazione di tibia, da soli, producono meno forza del singolo movimento traslatorio anteriore di tibia, ma sono in grado di amplificare la tensione del legamento quando combinati con gli altri. In sintesi, il meccanismo di lesione è un movimento complesso e multidirezionale, ed esistono diverse combinazioni di movimenti che potrebbero portare ad una rottura del legamento. Il movimento da manuale è quello del “pivot-shift” e prevede una rapida attivazione del quadricipite con conseguente traslazione anteriore di tibia, associata a valgismo ed intrarotazione di tibia con ginocchio in leggera flessione. L’altro dato fondamentale da tenere presente, oltre ai già citati fattori di rischio, è la modalità della lesione: se avviene da trauma diretto o indiretto, quindi se l’evento è traumatico o non traumatico. La lesione può essere classificata in varie categorie:

## PRINCIPALI MECCANISMI LESIONALI



da Contatto

da Contatto Indiretto

da Non Contatto

[33]

- Da contatto: quando la lesione avviene a causa dell’incapacità del legamento di resistere ad una forza esterna troppo elevata.
- Da contatto indiretto: fa riferimento alla situazione in cui avviene una perturbazione esterna non a carico del ginocchio immediatamente prima rispetto all’infortunio.

- Da non contatto: senza una forza esterna e dovuta ad una mancata capacità da parte dell'atleta di controllare una situazione motoria complessa, caratterizzata da diverse variabili e gesti veloci che si avvicinano al movimento lesionale. I momenti che solitamente portano ad una lesione di questo tipo sono due: la fase di atterraggio e il cambio direzione. Solo in meno del 20% dei casi la lesione è causata da una forza esterna a cui il nostro sistema non ha saputo far fronte, e su questo, la prevenzione ha un ruolo relativamente poco importante. Nel restante 80% dei casi si tratta invece di lesioni da non contatto o di lesioni da contatto indiretto in cui il meccanismo di infortunio è attribuibile ad una mancanza di controllo su di una situazione complessa, in cui l'atleta si ritrova a dover prestare attenzione contemporaneamente a diversi fattori e, di conseguenza, adattare il proprio movimento e gesto motorio.

Nel momento d'appoggio della fase di atterraggio, il ginocchio si trova in leggera flessione e si verifica una rapida attivazione del quadricipite nel tentativo di frenare la discesa mentre, come già detto, a questi gradi avviene una traslazione anteriore di tibia. Il dato che sembra essere più rilevante è quello relativo alla Ground Reaction Force (GRF), ossia la forza che il terreno esercita su di noi con intensità uguale e direzione contraria a quella che noi imprimiamo al suolo quando atterriamo: essa è maggiore con il ginocchio vicino all'estensione e tenderebbe a diminuire con i gradi di flessione più elevati.

Ma il meccanismo biomeccanico non basta. Un altro fattore da tenere presente poiché molto importante è il fattore contestuale: in accordo con la teoria dei sistemi dinamici, l'infortunio in generale è dato da una interazione non lineare tra tutti i fattori di rischio, che potrebbero interagire tra loro in maniera diversa [34]. Nel fattore contestuale, spesso si sottovaluta la quantità di informazioni sensoriali che i sistemi visivo, vestibolare, uditivo e propriocettivo devono integrare ed elaborare. Durante l'attività fisica sono tantissime le informazioni che arrivano, e tutte queste operazioni devono essere effettuati in pochissimo tempo: la lesione al LCA è considerata infatti un errore di integrazione sensoriale e motoria. L'atleta deve essere in grado di mantenere il controllo neuro-motorio dell'arto inferiore mentre sta compiendo altri compiti multitasking.

## **CAPITOLO 2: L'APPROCCIO CHIRURGICO NELLA LESIONE DELL'ACL**

### ***2.1: Valutazione e test clinici***

La presentazione clinica tipica di un paziente che ha subito una lesione del legamento crociato anteriore prevede un esordio traumatico, possibile scroscio articolare udito dal paziente al momento del trauma (popping sound), possibile sensazione di cedimento e instabilità del ginocchio, gonfiore diffuso e dolore immediato acuto seguito da dolenzia. Questi sono segni e sintomi tipicamente descritti in letteratura ma non patognomonici, e potrebbero essere presenti anche in assenza di lesione. In particolar modo vanno approfonditi:

- Il meccanismo traumatico: nonostante spesso sia difficile ricordare esattamente la dinamica dell'infortunio da parte del paziente, il meccanismo traumatico risulta estremamente importante perché oltre ad essere un fattore di rischio identificato, rappresenta anche un criterio diagnostico. È stato osservato come nell'88% delle lesioni nel calcio avviene per traumi da non contatto o contatto indiretto, quindi movimenti come decelerazioni, atterraggio da salti e cambi di direzione [35]. Tra questi, il movimento di pivoting, quindi di rotazione dell'arto con piede fissato a terra, è stato identificato come criterio diagnostico, insieme al popping sound durante il trauma [36]. Secondo diversi autori, il pattern del meccanismo traumatico alla base della lesione sembrerebbe essere il valgo dinamico del ginocchio in carico, accompagnato da abduzione e rotazione interna del femore omolaterale [35] [37].
- Primo episodio o recidiva: è stato ormai accertato come una lesione precedente del legamento crociato anteriore è un fattore di rischio per un secondo infortunio allo stesso legamento o a quello controlaterale [22].
- Sport praticato e livello di gioco: il livello di partecipazione e la tipologia di sport praticato possano influire sul tipo di lesione: gli atleti a maggior rischio infortunio sono coloro che praticano sport come calcio, football americano e basket.

- Presenza di gonfiore successivo al trauma: alcuni autori pongono come criterio diagnostico un versamento che si presenti dalle due alle ventiquattro ore dal trauma [38], altri un gonfiore continuo che tende a non riassorbirsi (Wagemakers H.P., 2010), mentre altri ancora un gonfiore insorto immediatamente dopo il trauma [36]. Quest'ultimo criterio sembra indicativo nell'individuazione delle lesioni complete del crociato, poiché presente nel 94% dei casi, mentre un gonfiore costante aumenterebbe di sei volte la probabilità di lesione completa [36] [39]
- Popping/cracking sound: il paziente riferisce un rumore articolare, a volte anche sordo, durante l'infortunio: in questo caso la probabilità di una lesione del crociato anteriore aumenta, perché questo segno risulta essere molto frequente. Se concomitante ad un trauma in pivoting, avrebbe una specificità del 92% ma non permette di discriminare tra lesione completa o parziale [36].
- Sensazione di cedimento: la percezione di un ginocchio instabile è anch'essa riportata in letteratura come una variabile che aumenterebbe le probabilità di trovarsi davanti ad una lesione del crociato anteriore.

Nella letteratura, sono stati descritti numerosi test che possono valutare l'integrità del legamento crociato anteriore. Secondo una recente revisione sistematica con metanalisi, il Lachman test si conferma come il test più affidabile, con una sensibilità del 79% e una specificità del 91% [40]. Il Lachman test si esegue con il paziente supino ed il ginocchio flesso a 15°, l'esaminatore stabilizza con una mano il femore distale e con l'altra impugna la tibia prossimalmente, avvolgendola. Applica poi una forza in direzione postero-anteriore sulla tibia. Il test si considera positivo se è presente una traslazione aumentata del lato patologico rispetto al lato sano. [40]. Per alcuni autori la percezione di end-feel morbido, associato ad una aumentata traslazione, sarebbe indicativa di lesione: bisogna sempre confrontare il risultato con l'arto controlaterale, cercando di percepire la sensazione di fine corsa, poiché un legamento integro dovrebbe offrire un arresto solido al movimento. A differenza di altre manovre, il Lachman test offre una buona applicabilità sia su pazienti in acuto che cronici, senza grandi differenze di adeguatezza [41].

Un altro test con valori di sensibilità e specificità simili al Lachman è l'Anterior Drawer Test, o test del Cassetto Anteriore (Sens: 83%, Spec: 85%). Il test si esegue con il paziente supino e ginocchio flesso a 90°. L'esaminatore stabilizza il piede del paziente sedendovisi sopra e afferra con entrambe le mani la tibia del paziente, posizionando i pollici sull'interlinea articolare e palpando con gli indici i tendini degli ischiocrurali all'interno del cavo popliteo. Applica poi una forza in direzione postero-anteriore sulla tibia. Il test si considera positivo se è presente una traslazione aumentata del lato patologico rispetto al lato sano. [40]. Anche in questo caso, per interpretare il risultato del test è fondamentale eseguire la manovra anche sul lato controlaterale per confrontarne gli esiti. Uno studio del 2006 ha però dimostrato come questo test sia molto meno preciso nell'identificare o escludere la presenza di lesioni in acuto, probabilmente per tre motivi: in primo luogo, la presenza di versamento intrarticolare inficerebbe la posizione di partenza del test (90° di flessione); lo spasmo muscolare degli ischiocrurali potrebbe contrastare la traslazione della tibia; infine durante l'esecuzione il corno posteriore del menisco mediale potrebbe venire compresso contro l'aspetto posteriore del condilo femorale mediale, limitando la traslazione tibiale.

Tra tutti i test, quello più adatto per confermare una lesione del legamento crociato anteriore è il Pivot Shift Test, il quale avendo valori di specificità più elevati (Spec: 94%), se risulta positivo è in grado di predire la lesione. Purtroppo la sua scarsa sensibilità (Sens: 55%) lo rende un test poco utile per escludere la patologia, poiché può avere un alto numero di falsi negativi. Questo test valuta il movimento combinato di rotazione interna tibio-femorale e traslazione anteriore della tibia. La manovra si basa sull'induzione della sublussazione anteriore del plateau laterale tibiale, riproducendo la sensazione di cedimento del ginocchio [42]. Si esegue con il paziente supino, l'esaminatore avvolge con una mano la tibia distale al di sopra dei malleoli mentre con l'altra supporta il ginocchio fino a 90° mentre con le mani induce una rotazione interna della tibia sul femore, provocando la sublussazione del piatto tibiale. Mantenendo le mani in posizione, riporta lentamente il ginocchio in estensione fino ad ottenere la riduzione [40]. Alcuni autori aggiungono anche una forza valgizzante per replicare correttamente il movimento combinato di rotazione e traslazione che si verifica tra tibia e femore. Il test si considera positivo in caso di sublussazione del piatto tibiale in flessione che si riduce in estensione [40]. Come già detto, il test è altamente specifico e poco sensibile, il che si traduce in una

rara positività, ma nel caso risultasse positivo la probabilità che il paziente abbia una lesione è molto alta.

L'ultimo test che andiamo a valutare è il Lever sign, o Lelli's test. Si esegue con il paziente supino e ginocchio esteso. L'esaminatore posiziona la mano distale a pugno al di sotto del terzo prossimale della gamba, in prossimità inferiore del cavo popliteo, mentre l'altra si appoggia sul terzo distale della coscia, appena sopra la rotula. Così facendo, il ginocchio del paziente viene a trovarsi in leggera flessione. Con la mano prossimale si esegue una spinta verso il basso in direzione del lettino [40]. Il test si considera positivo se, in risposta alla spinta dell'esaminatore, si osserva una traslazione anteriore della tibia invece che il sollevarsi del calcagno dal lettino. In caso di legamento integro, si dovrebbe osservare il sollevamento del piede: se questo non accade, è possibile che l'integrità legamentosa sia compromessa [43]. Il test sembrerebbe affidabile nella diagnosi di lesione del crociato anteriore indipendentemente dall'entità e dal tempo della lesione (Sens: 83%, Spec: 91%), ma gli studi a supporto non sono di buona qualità metodologica, quindi i risultati possono essere soggetti a bias.

## ***2.2: La presa di decisione e l'operazione***

Un dibattito in forte tendenza riguarda il dubbio e quindi la necessità di sottoporre o meno il paziente ad intervento chirurgico. Il trattamento conservativo sta acquisendo sempre più rilevanza e potenzialità nella gestione delle lesioni del crociato, ma la via chirurgica rimane la scelta più ricorrente. Gli obiettivi ideali della ricostruzione del legamento crociato anteriore sono associati alla necessità di ripristinare la corretta cinematica del ginocchio con la possibilità di ridurre il rischio di osteoartrosi e lesioni articolari secondarie, in più di favorire un ritorno all'attività sportiva a livello pre-lesione. Nel sottoporsi alla chirurgia, il ginocchio del paziente deve presentarsi asciutto, con un range di movimento completo, minimo dolore e volontà all'intervento. Negli anni 80 i pazienti con lesione vennero divisi in tre categorie: i "coper", gli "adattatori" e i "non coper". I "coper" sono quei pazienti che, nonostante l'infortunio, sono in grado di riprendere tutte le attività normali anche in assenza di ricostruzione legamentosa. Gli "adattatori" invece sono coloro che modificano le loro attività per compensare la lesione del LCA e sono comunque soddisfatti di questa variazione. I "non coper", infine, sono quei pazienti che

presentano cedimenti articolari ricorrenti anche durante attività a basso impatto, quindi hanno necessità della ricostruzione legamentosa. Negli anni sono stati effettuati moltissimi studi su “coper” e “non coper”, al fine di individuare delle caratteristiche ben specifiche che potessero ben distinguere le due tipologie di pazienti, in modo tale da poter scegliere se effettuare l’operazione, oppure procede con una terapia conservativa. I pazienti “coper” sono quelli che riescono a soddisfare alcune condizioni:

- Solo rottura del LCA (senza intaccare nessun’altra struttura del ginocchio);
- ROM completo senza dolore;
- Nessun versamento articolare;
- Forza del quadricipite > 70% rispetto al controlaterale sano;
- Deve essere in grado di eseguire salti su una gamba sola (quella non sana);
- Non deve avere più di un episodio di cedimento articolare.

I fattori da considerare però sono molteplici: in primis, alcuni studi hanno evidenziato come alcuni pazienti, trattati in modo conservativo con una riabilitazione associata ad un allenamento neuromuscolare, riuscivano a passare dalla categoria “non coper” alla categoria “coper”; da qui si può dedurre come questa classificazione iniziale “coper” e “non coper” sia in realtà una classificazione non statica, bensì dinamica, ed è legata proprio al programma riabilitativo e alle tempistiche con le quali viene applicato. Tuttavia un altro fattore da considerare è il tipo di sport effettuato, l’età e la volontà del paziente. Il “Panther ACL treatment consensus group” [44] è un gruppo composto esclusivamente da medici, prevalentemente ortopedici, e si è occupato dell’argomento. La conclusione a cui sono arrivati è che il consiglio di trattare chirurgicamente questo tipo di lesione dovrebbe essere riservato agli individui che partecipano ad attività sportive che comportano salti, cambi di direzione ed attività di rotazione (pivoting) dell’arto inferiore, poiché, come già detto, costituiscono un elevato rischio secondario per le strutture meniscali e cartilaginee, mentre le persone che partecipano ad attività lineari possono trarre vantaggio da un percorso riabilitativo conservativo. Recenti studi hanno inoltre dimostrato come, al contrario di come si pensava, non si sono viste differenze nello sviluppo di osteoartrosi in pazienti operati chirurgicamente confrontati con pazienti che hanno effettuato un percorso conservativo, in un follow-up di 20 anni.

Pertanto, vista anche la difficoltà nell'evidenziare gli eventuali "Copers", in quanto la classificazione come già detto è dinamica, si può concludere che la chirurgia rappresenta ad oggi il trattamento d'elezione nelle lesioni del legamento crociato anteriore. In particolare i pazienti giovani e attivi, con o senza coinvolgimento di altre strutture articolari, che necessitano di tornare ad alti livelli di prestazione sportiva che include salti e cambi di direzione, dovrebbero preferire la via chirurgica. La chirurgia deve essere effettuata in tempi rapidi, poiché maggiore è il ritardo nella chirurgia, maggiore sarà il rischio di avere nuove lesioni meniscali, in più sarà maggiormente difficoltoso il recupero della forza del quadricipite necessaria per la stabilizzazione attiva del ginocchio. Può essere indirizzato verso una terapia conservativa con recupero riabilitativo appropriato un paziente con una lesione isolata del legamento che sia disposto a ridurre il livello di prestazione e che sia in grado di recuperare la funzione generale del ginocchio e lo schema del passo. Tuttavia, data la dinamicità della condizione dei Copers, se lo stesso paziente dovesse andare incontro ad episodi distorsivi successivi, va sottoposto ad intervento chirurgico onde evitare possibili lesioni secondarie.

### ***2.3: Tipologia dei graft e la relativa guarigione***

Nel processo decisionale di scelta del trapianto vanno considerati diversi aspetti del paziente tra cui età, attività lavorativa, attività sportiva praticata, disponibilità del trapianto ed eventuali tendinopatie in atto, ma anche l'esperienza del chirurgo nella tipologia di tecnica applicata. I tipi di trapianto si dividono in due categorie, allotrapianto e autotrapianti: mentre gli autotrapianti prevedono il prelievo dal paziente stesso in diverse sedi anatomiche, gli allotrapianti prevedono il prelievo da cadavere. Uno degli esempi di autotrapianti è il tendine rotuleo, che prevede il prelievo del tendine a livello del terzo centrale, includendo una bratta ossea dalla porzione inferiore della rotula, e una dal tubercolo tibiale. Queste due bratte permettono una maggior osteointegrazione del trapianto, poiché l'impalcatura strutturale del trapianto osseo viene progressivamente colmata da osso neoformato. Questo permette maggiore robustezza e affidabilità della guarigione rispetto alla guarigione osso-tendine [45], e in più è stato visto come l'integrazione del trapianto risulta più rapida all'interfaccia osso-osso (8 settimane) che osso-tendine (12 settimane). Gli svantaggi principali legati a questa tipologia sono da

ricondere al danno a livello del sito del donatore, poiché esiste un rischio potenziale di frattura della rotula del 2% [46]. Inoltre, esiste il rischio di avere dolore anteriore residuo al ginocchio in seguito all'intervento e che ci può essere una perdita di forza del muscolo quadricipite [47]. Nella prima fase della riabilitazione bisogna tenere d'occhio il dolore anteriore del paziente durante l'esecuzione di esercizi mirati al rinforzo del quadricipite. Inoltre è stato dimostrato come nella ricostruzione con tecnica osso-osso vi è una maggior incidenza di artrofibrosi, perdita dell'estensione completa e dolore nell'inginocchiamento rispetto a gracile e semitendinoso. Bisogna saper quindi identificare questo deficit di estensione e cercare di lavorare sull'attivazione corretta del quadricipite.

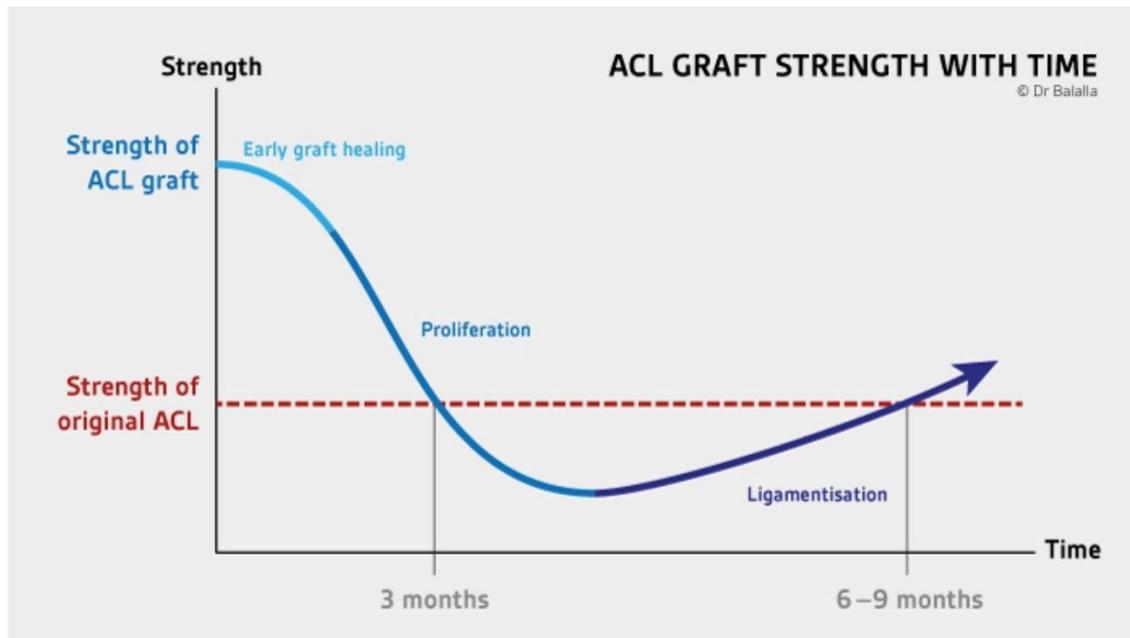
Un'altra tecnica molto utilizzata è il prelievo dei tendini del semitendinoso e del gracile (HS) che vengono eseguiti nella porzione anteromediale del ginocchio, nell'inserzione della zampa d'oca. Questo tipo di trapianto risulta facilmente accessibile e più versatile nell'adattamento alle diverse problematiche chirurgiche; inoltre, rispetto al tendine rotuleo, avrà meno incidenza sul dolore femoro-rotuleo e minor rischio di rigidità. I rischi maggiori sono dovuti al fatto che ci si può trovare davanti a tendini di diametro ridotto che aumentano il rischio di fallimento; inoltre, sono necessari tempi lunghi per la maturazione che, se non rispettati, potrebbero compromettere la stabilità del ginocchio e il rischio di perdita di forza negli hamstring. Inoltre bisogna considerare anche la rottura del tendine durante il prelievo, quindi ematoma dei tessuti molli con la conseguente guarigione, che quindi sarà da tenere presente durante la riabilitazione. Dopo il prelievo tendineo, i corrispondenti ventri muscolari posteriori della coscia si ritraggono; diversi studi hanno dimostrato che nella maggior parte dei casi i tendini si rigenerano e la forza muscolare migliora dopo circa 6-12 mesi dal prelievo [48]. Dal 1-14 giorno sarebbe opportuno effettuare solo co-contrazioni statiche sotto carico associate a caute manovre di incremento dell'estensibilità; dalla 2-6 settimana il potenziamento progredisce con l'aumento delle ripetizioni e l'aggiunta di esercizi a catena cinetica aperta, fino ad arrivare a 6-12 settimane quando il potenziamento degli ischiocrurali progredisce con l'aumento del carico. Sarà importante prestare attenzione a tutte le manovre che determinano un allungamento eccessivo degli ischiocrurali. Questo tipo di trapianto è consigliato su atleti con bassa richiesta funzionale e su soggetti giovani con cartilagini di accrescimento aperte.

L'ultima scelta per gli autotrapianti consiste nel prelievo del tendine quadricipitale, che ha il vantaggio di avere un'ampia area di sezione trasversa e ridotto rischio di frattura della rotula e dolore anteriore al ginocchio [49]. Inoltre, la lunghezza dell'innesto può essere regolata più facilmente rispetto all'osso-osso, con una guarigione biologica migliore. Nella prima fase riabilitativa bisogna tenere d'occhio il dolore anteriore (minore a quello da ricostruzione con tendine rotuleo, ma gli obiettivi principali sono migliorare la forza del muscolo retto femorale, la tolleranza al carico del tendine stesso e trattare il sito del prelievo come una tendinopatia, quindi caricare il tendine con esercizi isometrici che mirano al rinforzo del retto [44]. All'inizio andranno effettuati esercizi con anca in posizione neutra o leggermente estesa affinché il ginocchio, nei vari gradi di flessione, possa mettere in tensione l'intera unità muscolotendinea.

Il processo di guarigione del graft prevede una alternanza di eventi biologici che possono essere divisi in tre fasi:

- Guarigione o necrosi;
- Rimodellamento o proliferazione;
- Ligamentizzazione o maturazione.

Durante la prima fase, che dura dall'operazione fino alle prime 4 settimane circa, la regione periferica è in fase di ripopolazione cellulare, ed è ricca di liquido sinoviale che offre sostanze nutritive, mentre nella zona centrale, meno ricettiva, si sviluppa inizialmente una porzione necrotica con scarsa cellularità, e successivamente un processo di ripopolazione infiammatoria che guiderà le fasi successive. La seconda fase va dalle 4 alle 12 settimane ed è caratterizzata da un aumento dei processi di rimodellamento e vascolarizzazione del tessuto, con incremento del letto vascolare. Durante questo periodo, le fibre di collagene più spesse vengono sostituite con fibre più piccole e il collagene di tipo 3 prevale nel sito di ricostruzione. Viene così provocata una depressione della capacità di carico del legamento con una diminuzione della stiffness e del massimo livello raggiungibile prima della rottura che rende, a 3 mesi post operatori, il neolegamento ancora molto distante dalle proprietà biomeccaniche di quello nativo.



Se durante questa fase sottoponiamo ad attività troppo stressanti il nostro paziente, il rischio di fallimento del processo di guarigione può diventare veramente elevato. In riferimento alla tipologia di graft, dobbiamo sempre considerare che il processo di guarigione degli innesti ossei non è uguale per tutti: quelli dal tendine rotuleo, infatti, subiscono un processo di guarigione più veloce, al contrario degli innesti di tessuti molli come i tendini dei flessori che richiedono integrazione osso tendine. La terza e ultima fase è definita di legamentizzazione e il suo periodo temporale sembrerebbe partire dal terzo mese fino a due anni. Questo processo consiste nella ri-acquisizione delle proprietà del legamento crociato sano, dallo sviluppo di una nuova neo-inserzione ossea matura e dal rimodellamento della matrice. [50]. È stato dimostrato che le proprietà meccaniche delle articolazioni del ginocchio che hanno riscontrato una ricostruzione del LCA migliorano sostanzialmente durante questa fase e raggiungono la quasi totalità delle loro proprietà a circa un anno dall'intervento, ma il legamento non si ferma e continua il suo processo di maturazione fino a diventare stabile e quiescente al terzo anno [51][52]. Ovviamente questa finestra temporale spesso non combacia con i tempi richiesti per il return to play, per cui bisognerà lavorare sul legamento non solo dal punto di vista biologico ma anche funzionale, per un ritorno allo sport adeguato. Per definire completo un processo di guarigione, occorre che ci sia una completa risoluzione del processo di legamentizzazione

nella regione intra-articolare con riorganizzazione della matrice e una solida guarigione nei tunnel ossei.

#### ***2.4: Principale complicanza Post-Operatoria: l'AMI***

L'operazione chirurgica di crociato anteriore è una procedura estremamente diffusa che generalmente porta a buoni risultati con una percentuale compresa tra il 75 e il 97% dei casi [53]. Nonostante questi alti tassi di successo, questo tipo di intervento è anche associato a diverse complicanze che stanno tendendo ad aumentare [54][55]. Tra le più importanti da tenere presente troviamo l'inibizione muscolare artrogenica, detto anche AMI (Arthrogenic muscle inhibition). L'AMI non è sinonimo di debolezza muscolare, ma è una inibizione muscolare che si manifesta come una vera e propria difficoltà da parte del paziente di reclutare e attivare volontariamente il muscolo, generalmente il quadricipite. Questa condizione inizialmente risulta essere fisiologica e protettiva, ma se non trattata può perdurare per diverso tempo, e può diventare un fattore ostacolante il recupero [56]. In questo tipo di operazione, la muscolatura principalmente colpita sarà quella dei quadricipiti, e in maniera più contenuta i flessori: questa condizione di protezione serve a prevenire movimenti potenzialmente dannosi [56]. L'AMI è un fenomeno che è molto più presente nelle fasi acute dell'operazione chirurgica. In particolare, inizia nell'immediato post-operatorio, cresce nelle 24 ore successive fino a raggiungere un picco intorno alla 3-4 settimana; se non correttamente trattata, può arrivare anche a due anni. Il gonfiore, anche in assenza di infiammazione, può generare l'AMI: è stato dimostrato che il gonfiore riduce l'attivazione elettromiografica del quadricipite e riduce l'output di forza [57]. Questo accade perché c'è un legame direttamente proporzionale tra le scariche afferenti alle fibre nervose e la pressione intra articolare, ovviamente influenzata dal gonfiore. Perciò, l'AMI è legata strettamente agli angoli articolari: ai gradi estremi del movimento (massima flessione e massima estensione) ci sarà una maggiore pressione intrarticolare, che corrisponderà ad una maggiore inibizione muscolare [58]. Per questo motivo, nelle fasi acute dopo un infortunio o intervento chirurgico, esercizi isometrici di rinforzo del quadricipite dovrebbero essere svolti tra i 30 e i 50° di flessione di ginocchio. In più, anche l'aspirazione di edema intrarticolare è in grado di aumentare di circa il 30% l'ampiezza

del segnale elettromiografico del quadricipite [57]. Nel trattamento dell'AMI, l'esercizio terapeutico è sicuramente il trattamento maggiormente efficace [59]. Esercizi convenzionali sia a cinetica aperta che progressivi a catena cinetica chiusa per quadricipite e hamstrings risultano essere la tipologia di interventi maggiormente efficaci per il miglioramento della forza muscolare quadricipitale e la riduzione dell'AMI [60]. Inoltre, l'allenamento a esaurimento della muscolatura antagonista aumenta i processi disinibitori sulla muscolatura agonista per il principio di Sherrington, che dice che la contrazione di un muscolo è maggiore quando preceduta da una forte contrazione del suo antagonista, se le due contrazioni si susseguono senza intervallo di tempo. Anche la crioterapia sembra essere associata a un miglioramento significativo nella forza del quadricipite misurata come contrazione isometrica massimale volontaria: è consigliabile un'applicazione dai 30 minuti ai 45 minuti, poiché si è visto un maggior effetto positivo su disinibizione e conseguente attivazione volontaria con questa posologia.

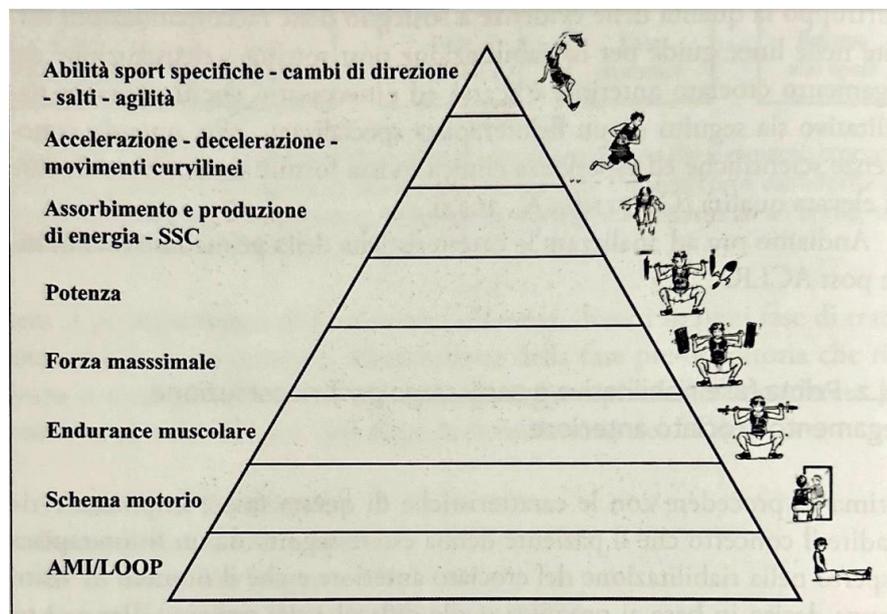
## ***OBIETTIVO***

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di creare un percorso personalizzato in un giovane paziente con lesione del legamento crociato anteriore. Per raggiungere questo fine, mi sono avvalso dei numerosi studi che si trovano in letteratura (EBP), cercando di integrarli e confrontarli tra loro per trovare il percorso riabilitativo più adatto al mio paziente e valutarne l'efficacia. Questo è stato reso possibile grazie all'obiettivo del ragazzo, concomitante al mio, di effettuare un return to play con una condizione fisica paragonabile a quella pre-injury.

## CAPITOLO 3: COSA DICE LA SCIENZA

### 3.1: Proposta di percorso riabilitativo

La qualità delle evidenze a sostegno delle raccomandazioni fornite nelle linee guida per la riabilitazione post ricostruzione del crociato anteriore è ancora scarsa, per cui il percorso riabilitativo va adattato unendo conoscenze scientifiche e caratteristiche del paziente, cercando di fornire un percorso di cure di alta qualità [61]. Nella gestione del paziente rientra anche la figura del medico ortopedico, che supervisiona il lavoro svolto: per questo una collaborazione medico-fisioterapista-paziente risulta fondamentale per il processo riabilitativo, senza la quale ci possono essere problematiche che potrebbero rappresentare degli ostacoli al successo terapeutico [62]. Per programmare un buon lavoro, occorre porsi degli obiettivi a breve, medio e lungo termine, valutando quali sono gli obiettivi del paziente al termine del percorso riabilitativo: da qui, si fa un percorso “a logica inversa”, che permette di individuare, partendo dalle esigenze sport-specifiche, quali sono gli esercizi di controllo motorio e rinforzo che gettano le basi per costruire una piramide.



[63]

Si parte da un percorso pre-operatorio, che è parte integrante del processo di recupero, ed è in grado di influenzare in modo importante il successo della riabilitazione post-operatoria. La condizione fisica in cui il paziente si presenta il giorno della chirurgia, intesa come forze, gonfiore, mobilità, è considerata un importante indicatore per la salute del ginocchio dopo aver effettuato l'operazione. Nella valutazione del paziente, nel periodo che va dal trauma all'operazione, bisogna considerare fattori generici come lo stato di salute generale, il livello di attività fisica prima del trauma, la condizione fisica e psicologica prima del trauma, e fattori specifici quali il grado di severità del trauma, la presenza di calore e gonfiore al ginocchio, limitazioni funzionali e la dinamica dell'impatto. È chiaro che il percorso pre-riabilitativo va adattato in base al processo di scelta: se il paziente affronterà un percorso conservativo, gli esercizi e la pianificazione degli obiettivi avranno determinate tempistiche; se il paziente affronterà l'operazione, in base alla data dell'intervento andrà adattato il percorso pre-operatorio. Esistono fattori di rischio pre-operatori che possono influenzare negativamente gli outcome dopo la ricostruzione del neolegamento: il mancato raggiungimento della piena estensione del ginocchio può essere un fattore di rischio per i deficit di mobilità in estensione post operazione; il deficit di forza del quadricipite maggiore del 20% [64]. In generale, oltre alla fase pre-operatoria, possiamo considerare la presenza di 4 fasi dopo la ricostruzione del LCA:

- Prima fase;
- Seconda fase;
- Terza fase;
- Quarta fase o ritorno allo sport.

La prima fase può essere suddivisa a sua volta in due fasi:

- Fase dell'immediato post operatorio (0-2 settimane): in questo periodo vanno tenuti sotto osservazione il gonfiore, un inizio di ripristino del Rom e l'attivazione del quadricipite.
- Post operatorio tardivo (2-6 settimane): qui il focus è sul recupero completo del Rom articolare, con particolare attenzione al recupero dell'estensione, allenamento ad un corretto schema del passo e ripresa della forza muscolare.

In generale, in questo periodo avrà come protagonista l'articolazione, e lo scopo principale sarà quello di normalizzare la cinematica del ginocchio. Al termine di questo primo periodo, il paziente dovrà aver raggiunto determinati obiettivi per poter accedere alla fase successiva [64] [65].

- La ferita deve essere ben chiusa e cicatrizzata;
- Assenza di dolore negli esercizi proposti;
- Gonfiore lieve al termine della sesta settimana;
- Articolazione femoro-rotulea libera;
- L'articolazione dovrà essere di almeno 0° in estensione e 120° in flessione;
- Corretto reclutamento del muscolo quadricipite;
- Corretto schema del passo.

Nonostante la presenza di diverse pubblicazioni che dimostrano l'efficacia di alcune strategie terapeutiche, ad oggi nella pratica clinica esiste molta discordanza tra quelle che sono le evidenze scientifiche e quelle che sono le pratiche riabilitative più diffuse. Alcuni esempi sono la concessione o meno del carico completo immediato, l'utilizzo e la tipologia del tutore, l'uso della movimentazione continua passiva, la tempistica della reintroduzione degli esercizi in catena cinetica aperta. Questi e altri aspetti sono solo alcuni dei punti su cui spesso non vengono rispettate le indicazioni riportate in letteratura. La forza va allenata già dal primo periodo, ma include un programma di lavoro che inizia già nella prima fase, ma continuerà, crescendo ovviamente progressivamente, fino al return to play.

Nella riabilitazione di questo tipo di infortunio, la fase intermedia è considerata fondamentale, poiché porta al ritorno in campo. La transizione da una fase all'altra non è logica né lineare, e non ci sono evidenze scientifiche che rendono più chiara la gestione riabilitativa, ma il raggiungimento degli obiettivi sopra citati sono ritenuti fondamentali per la successione delle fasi. La fase intermedia perciò ingloba alcuni obiettivi della fase precedente, e getta le basi per la fase successiva; in particolare, in questa fase vanno prese in considerazione soprattutto la forza muscolare, la qualità del movimento e la fitness cardio-respiratoria. In più, in questa fase si ha anche il ritorno alla corsa: è chiaro che il ritorno alla corsa deve essere graduale e progressivo. Inizialmente si lavora su un programma di cammino-corsa intermittente in modo tale da valutare la tolleranza del

paziente ed eventuali manifestazioni cliniche avverse. Successivamente si combina una camminata veloce ad una corsetta lenta a tempi aumentati, così da aumentare il carico gradualmente fino ad arrivare alla fase di running pura, escludendo la fase di camminata. Il dosaggio varia in base a diversi fattori: in primis la tolleranza del paziente è l'ago della bilancia del trattamento, seguiti dalla motivazione, dal livello di fitness e dalla situazione clinica del ginocchio. Nel caso in cui il paziente fosse capace di tollerare i carichi, fosse motivato e volenteroso e non ha complicanze, l'ideale sembrerebbe programmare settimanalmente tre sessioni di running (puro o intervallato al cammino) con una pausa di almeno 24-36 ore tra le sessioni. Inizialmente si consiglia corsa su treadmill, poiché dimostrato che attiva maggiormente il complesso dei polpacci, con un ridotto range articolare [66]. Dalla corsa su treadmill, una volta consolidata e appurata la buona qualità della corsa, si può passare alla corsa outdoor in campo.

Bisogna anche lavorare sulla capacità di assorbire forze verticali, quindi lavorare sull'atterraggio, sulla capacità di assorbimento del carico eccentrico, sulla capacità di produzione concentrica, e sulla loro integrazione. L'esercizio pliometrico è necessario per migliorare le abilità di accumulo e rilascio.

Gradualmente, andremo a lavorare sulle accelerazioni, decelerazioni e cambi di direzione, fino a compiere tutte quelle azioni necessarie allo sport praticato.

Come si può ben intendere, dopo la fase intermedia inizia un percorso particolare. La suddivisione in fase intermedia, fase avanzata e return to sport non è rigida né univoca: ad un certo punto della riabilitazione, si va ad effettuare una riatletizzazione del paziente con la collaborazione stretta del preparatore atletico. Ed i criteri per il return to play sono vari e tutt'ora fonte di discussione.

Il return to play è la fase che l'atleta vuole raggiungere, e l'ultima parte del percorso riabilitativo. In ambito sportivo si parla di return to performance, ovvero quel momento in cui l'atleta viene gradualmente re inserito nell'attività sportiva e sta performando allo stesso livello pre-injury [67]. La percentuale di atleti che riprendono lo sport allo stesso livello è bassa, poiché purtroppo soggetti giovani (under 20-25 anni) e sportivi che riprendono l'attività a seguito di ricostruzione del crociato hanno un elevatissimo rischio di re-infortunio o infortunio contro-laterale [21]. I giovani atleti normalmente subiscono una lesione del legamento crociato anteriore e l'intervento chirurgico costruttivo viene

solitamente eseguito per ripristinare la stabilità funzionale dell'articolazione e consentire il ritorno alla partecipazione sportiva. tuttavia un numero molto alto di giovani sportivi non sono in grado di tornare a partecipare allo sport: solo il 55 % degli atleti è stato in grado di tornare allo sport in seguito all'intervento [68]. Si è cercato di trovare dei criteri per il return to play, per minimizzare il rischio di un nuovo infortunio al momento del rientro in campo. Tuttavia, questi criteri sono sempre più dibattuti e contraddittori: il criterio più utilizzato è sempre stato il tempo. Sebbene si è abituati a pensare che il rientro allo sport dopo il nono mese sia più sicuro, gli studi non ci confermano che tale ipotesi sia realmente concreta. Infatti, la quantità di studi che supporta l'ipotesi che un rientro ritardato sia più sicuro, è bilanciata equamente da altrettanti studi che ci dicono che un rientro precoce non sia più pericoloso, confermando che il tasso di recidiva è uguale in entrambi i casi. Per cui, non si può pensare solo al tempo come unico fattore di rischio per il re-infortunio, ma va visto come un piccolo pezzo di un puzzle molto più grande, in cui si vanno a valutare altri fattori di rischio, come la storia familiare, l'età, il graft utilizzato, il sesso, la volontà al rientro e il raggiungimento di valori di forza adeguati. [89][90][91][92].

### ***3.2: Considerazioni Evidence Based***

La crioterapia è da sempre una delle terapie fisiche più utilizzate nelle sessioni riabilitative. Sebbene molti studi abbiano osservato una effettiva diminuzione della temperatura locale, altri hanno avuto difficoltà nell'associare questo effetto al drenaggio dell'articolazione, o addirittura ad un precoce recupero del ROM [64]. Al contrario, il ghiaccio viene utilizzato comunemente da diversi autori nella gestione del dolore e come strategia per massimizzare la riattivazione del quadricipite. Somministrare il ghiaccio per 20-30' prima dell'inizio della sessione riabilitativa non sembra avere grandi effetti sulla riduzione del gonfiore, ma può alleviare il dolore, aiutando quindi il paziente ad un maggiore reclutamento del quadricipite, anche se recenti evidenze sembrano sottolineare come l'effetto antalgico scompaia dopo una settimana di applicazione [59][61][64][69]).

Un altro interrogativo frequente è relativo al carico, quindi nella modalità di somministrazione del carico stesso all'articolazione, in quali tempi e con quale percentuale. Si devono innanzitutto distinguere i diversi tipi di carico: carico totale, quindi

appoggiare tutto il peso del suo corpo su entrambi gli arti inferiori senza utilizzo delle stampelle; carico parziale, dove la percentuale di carico concessa all'arto infortunato è di circa il 30-50% con utilizzo delle stampelle; carico sfiorante, quindi sarà concesso di poggiare solo la punta del piede o il piede con una pressione leggera, descritta come il 10-20% del peso corporeo; ed infine l'assenza di carico, dove l'arto infortunato non potrà essere appoggiato. [70]. Ci sono dubbi riguardo il carico totale molto precoce e senza tutore, in quanto sembra essere correlato ad un allargamento dei tunnel a seguito di ricostruzioni con tendine degli ischiocrurali [71]. Per dare il consenso ad una deambulazione libera, il paziente non dovrebbe zoppiare né camminare con uno schema antalgico. I pazienti che non riescono a normalizzare la cinematica del passo sono più a rischio re-infortunio, poiché cambiano le forze di taglio e di compressione sulle articolazioni femoro-rotulea e femoro-tibiale [72][73][74]. Per poter concedere il carico totale e la liberazione delle stampelle si possono prendere in considerazione alcuni punti chiave [64][69]: la capacità di effettuare un sollevamento a gamba tesa senza perdita dell'estensione, nessun dolore al carico totale, utilizzo di pattern non antalgico. È auspicabile secondo alcuni autori che il raggiungimento del carico completo avvenga entro le due settimane dalla chirurgia, sempre considerando che la progressione deve avvenire in modo corretto e graduale. Se il protocollo riabilitativo non viene indirizzato verso la correzione di eventuali alterazioni biomeccaniche, questi cambiamenti nello schema del passo possono durare anche oltre un anno e non sono destinati a ripristinarsi solo con il trascorrere del tempo [64][69][73][75]. I protocolli accelerati in ricostruzioni con graft degli ischiocrurali possono determinare un allargamento del tunnel femorale e tibiale [76].

Per quanto riguarda il ROM, è stato già delineato come nella prima fase sia fondamentale recuperare la completa estensione e 120-130° di flessione del ginocchio, oltre alla riattivazione del quadricipite. Questi elementi sono fondamentali per avere controllo sugli esercizi in carico [64]. Il recupero del ROM in flessione può procedere con maggiore calma rispetto all'estensione con il suo completo raggiungimento a tre mesi dall'intervento punto la progressione prevede entro due settimane il raggiungimento di circa 90-100°, 120 – 130° entro un mese e mezzo, cercando di recuperare successivamente 10° a settimana fino alla completa articularità in circa 12 settimane. Tale obiettivo potrebbe essere non indispensabile per tutti, ma per i pazienti che praticano sport

in cui ci sono elementi di accosciata profonda o sprint è fondamentale acquisire la massima flessione [77].

Un altro fattore che deve essere valutato è l'AMI. Come già detto, l'AMI è il risultato di un processo neurologico e strutturale causato da una perdita di trofismo e di capacità di reclutamento attivo del quadricipite. L'incapacità di superare l'AMI, quindi il fallimento nella contrazione corretta del quadricipite, può portare poi a uno scorretto schema del passo, fino a trasferirsi successivamente nelle attività di vita quotidiana e sportiva. Oltre alla crioterapia, alcune strategie applicabili sono la TENS e l'elettrostimolazione (NEMS). La TENS, tramite segnali elettrici inviati per via transcutanea e applicati prima o durante l'esercizio, può mascherare i segnali inibitori delle vie afferenti, permettendo un miglior reclutamento del quadricipite; la NEMS, applicata durante l'esercizio con un'intensità nella fase di picco alla massima tolleranza del paziente, aiuta l'attivazione delle unità motorie, quindi la produzione di forza. Per valutare il superamento dell'AMI, quindi la corretta attivazione volontaria del quadricipite, possiamo valutare il paziente effettua un glide superiore di rotula, se durante la Straight Leg Raise (SLR) non perde l'estensione di ginocchio, e se riesce ad effettuare l'estensione terminale di ginocchio. Una volta valutato il recupero del reclutamento del quadricipite, si va a lavorare con un percorso di rinforzo dell'arto inferiore a catena cinetica chiusa e aperta, poiché la letteratura supporta gli effetti positivi di entrambe le modalità. Nonostante le preoccupazioni legate all'utilizzo della catena cinetica aperta ad esempio nella leg extension, recenti prove di efficacia hanno osservato che il precoce inserimento, sotto le quattro settimane dopo l'intervento, in un in un range ristretto di 90 – 45°, non mostra effetti negativi sulla lassità o sulla salute del graft a due anni dalla ricostruzione [61]. per cui sembrerebbe sicuro affiancare ai classici esercizi definiti funzionali, anche esercizi che isolino il quadricipite. Dalla letteratura scientifica emergono sempre più evidenze che sostengono la sicurezza dell'utilizzo della catena cinetica aperta anche nelle primissime fasi riabilitative senza l'osservazione di restrizioni sul range di movimento. Inoltre, sembrerebbe che l'utilizzo di esercizi in catena cinetica aperta ridurrebbero il dolore femoro-rotuleo, migliorando i parametri di forza e funzionalità del quadricipite senza condizionare la lassità del graft [61][78][79]). Alcuni esercizi proposti dagli autori in questa fase sono:

- Isometrie per quadricipite;
- Pressa bilaterale e monolaterale;
- Mini squat e mini affondi;
- Calf raise;
- Wall slide;
- Estensione attiva di ginocchio 90°-45°;
- Mini step up tra i 0° e i 60°.

[64][80][81].

Nella fase intermedia, oltre alla forza che verrà trattata con carichi progressivi, entrerà in gioco il ritorno alla corsa. Ci sono degli studi che evidenziano delle caratteristiche che devono essere presenti affinché si possa passare alla fase del ritorno alla corsa: [82][83][84][85].

- Criteri clinici;
- Criteri di forza muscolare;
- Criteri funzionale;
- Tempo trascorso dalla chirurgia.

I criteri clinici sono: dolore <2/10; no gonfiore, flessione ginocchio 95% LSI, estensione completa.

I criteri di forza muscolare sono: forza isolata del quadricipite: LSI > 70-75%, single leg press > 1,25xBW (carico totale), seated calf raise > 1.5xBW, Heel raise endurance > 25 ripetizioni, single leg sit to stand endurance test > 22 in un minuto. Criteri funzionali: pattern di movimento qualitativo durante single leg squat, single leg landing.

Il tempo trascorso dalla chirurgia deve essere di circa 3 mesi.

Una volta che il paziente soddisfa questi requisiti, si può tranquillamente tornare alla corsa, nelle modalità sopra descritte. Nel frattempo, si deve lavorare sulle frenate, sugli atterraggi e sulla pliometria. Secondo un recente studio, sono stati definiti dei criteri clinico-funzionali per progredire con un programma di carico pliometrico. Si parte dalla prima fase, in cui si utilizza pliometria a bassa intensità, caratterizzata dalla capacità di assorbire carichi e preparare il soggetto al ritorno alla corsa; quando il paziente ha una

buona qualità di movimento in uno squat a gamba singola, una forza muscolare in catena cinetica chiusa sufficiente e un indice simmetrico del quadricipite, si può passare alla fase due, dove il tema chiave è lo sviluppo di capacità deceleranti a gamba singola (atterraggio e frenate). Nelle ultime due fasi, si passa alla somministrazione di pliometria unilaterale in combinazione con lavoro sul campo. Si possono anche variare le direzioni, passando da esercizi frontali, a laterali e multidirezionali. L'obiettivo è quello di avere una buona cinematica durante il cambio di direzione ad alta velocità e un buon salto a gamba singola, fino al completo raggiungimento di obiettivi per il ritorno in campo.

## ***MATERIALI E METODI***

Nella stesura della mia tesi, mi sono avvalso della consultazione del database Pubmed e di alcuni testi scritti che ho citato nella bibliografia.

Per il primo periodo il ragazzo ha effettuato 5 sedute settimanali, con 2 giorni di riposo stabiliti nel mercoledì e nella domenica. Le sessioni per il primo periodo sono state suddivise in 2 giorni in cui il paziente effettuava rinforzo muscolare con elettrostimolazione, mentre gli altri 3 effettuava recupero del ROM e altri esercizi. La misurazione della circonferenza del quadricipite (CRF) è avvenuta con un metro, a paziente supino partendo dal margine superiore della rotula e salendo di 15 cm. Questo ci ha permesso di valutare l'ipotrofia muscolare dell'arto infortunato e di fare il confronto con il controlaterale.

Con il goniometro sono state misurate la flessione e l'estensione articolare del ginocchio per il ROM. Le misure sono state prese con il paziente supino, l'asse goniometrico è stato posto a livello del condilo femorale laterale, il braccio fisso parallelo al femore e il braccio mobile orientato verso il malleolo laterale della caviglia.

La scala MRC è stata somministrata con il paziente seduto con le gambe fuori dal letto, flesse a 90°, richiedendo una estensione del ginocchio. Essa consta di 6 gradi di forza, da 0 (assenza di contrazione) a 5 (Forza normale). [Allegato 1].

La scala NPRS è stata somministrata per la valutazione del dolore. Essa consta di una linea orizzontale composta da valori che oscillano da 0 (assenza di dolore) a 10 (massimo dolore). Il paziente deve indicare il grado di dolore percepito verbalmente o cerchiando il numero corrispettivo. [Allegato 2].

Il KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) è un questionario che viene compilato dal paziente senza intervento del clinico, che ha l'obiettivo di valutare i sintomi riferiti a livello dell'articolazione del ginocchio in soggetti con lesioni articolari, come in questo caso [86].

Questo questionario auto-somministrato consta di 42 item e 5 sotto-scale che indagano diversi aspetti:

- Sintomi (7 items, 2 inerenti alla rigidità);
- Dolore (9 items);
- Funzioni e attività di vita quotidiana (17 items);
- Sport e attività ricreative (5 items);
- Qualità di vita in relazione al ginocchio (4 items).

Tutti gli Item della scala presentano la medesima modalità di risposta avvalendosi di una scala Likert a 5 punti che va da 0 (nessun problema o difficoltà) a 4 (problemi o difficoltà elevati) [87]. I risultati di ogni sotto-scala viene calcolato separatamente attraverso la formula:

$$100 - \frac{(\text{punteggio ottenuto} \times 100)}{\text{punteggio massimo}} = \text{punteggio in \% di ogni sotto - scala}$$

In questo modo i punteggi di ogni sotto-scala vengono trasformati in un punteggio in percentuale che va da 0 (condizione di grave disabilità) a 100 (ottima condizione). Il minimo miglioramento clinico percettibile (MCID) rappresenta la differenza sulla scala di misurazione associata alla più piccola variazione dello stato di salute rilevabile dal paziente. Per il KOOS si ritiene che 8-10 punti possano rappresentare il minimo miglioramento clinico percettibile inseguito all'applicazione trattamento. [88]. [Allegato 3].

Durante il percorso riabilitativo mi sono avvalso di alcune strumentazioni quali: bilancieri, pesi, macchinari (pressa, leg extension), cavigliere, coni, pallone da calcio, manubri, fitball, elastici.

Nella presentazione dei risultati sono stati individuati dei parametri temporali. T0 individua il periodo dopo una settimana dall'intervento, T1 è posto a tre mesi dall'intervento mentre T2 a sei mesi.

## **CAPITOLO 4: CASO CLINICO**

S. è un ragazzo di 17 anni, calciatore. Durante un allenamento su un campo sintetico, ha sentito un forte scroscio al ginocchio durante una frenata con cambio di direzione. Il ragazzo ha avuto nel 2022 una precedente lesione parziale di medio-alto grado al legamento crociato anteriore, trattata conservativamente. Dopo aver effettuato alcuni test clinici risultati positivi (Lachman test +, Anterior Drawer Test +), si è sottoposto ad una risonanza magnetica che ha confermato l'esito di "lesione di alto grado in regione para-inserzionale prossimale condiloidea femorale". Una volta che si è sottoposto a visita clinica con il suo ortopedico, è stata scelta l'operazione chirurgica, la quale è avvenuta in marzo. L'operazione è stata effettuata tramite prelievo dei tendini del semitendinoso e del gracile. Una volta conclusa l'operazione, l'indicazione ortopedica è stata quella di indossare per la prima settimana un tutore fisso in estensione, per poi iniziare il percorso fisioterapico. La figura del medico ortopedico è stata molto presente in questo percorso riabilitativo, con controlli periodici che hanno indirizzato il trattamento fisioterapico effettuato. Vorrei sottolineare la grande disponibilità e volontà del ragazzo, che si è subito mostrato molto collaborante e comprensivo nei miei confronti, e che ha reso il percorso riabilitativo molto più leggero e positivo, con grande volontà da parte di entrambi di affrontare questo percorso.

## **CAPITOLO 5: LA RIABILITAZIONE**

### ***5.1: Fase acuta***

Prima dell'operazione è stato effettuato un ciclo di esercizi isometrici di rinforzo pre-operatorio, così da far arrivare il ragazzo pronto all'intervento. Sono stati eseguiti esercizi per tutta la muscolatura dell'arto inferiore, sotto la soglia di dolore e per 3 volte a settimana, per un periodo di circa 20 giorni. Gli esercizi prevedevano:

- Isometria del quadricipite da supino a gamba tesa, tenendo la gamba sollevata in tre diverse altezze per 10 secondi, per un totale di 30 secondi di lavoro;
- Si coinvolgeva anche la muscolatura flessoria, attraverso l'esercizio della sedia isometrica al muro per 40 secondi;
- Pressa isometrica bipodalica;
- Nell'ultima settimana, si aggiungevano pesetti di 2 kg negli esercizi di isometria da supino.

Nel periodo immediatamente successivo all'operazione, la prescrizione ortopedica è stata quella di tenere un tutore fisso in estensione per circa 7 giorni. Il nostro percorso è iniziato nell'ottavo giorno dall'intervento, dove ho somministrato al ragazzo un questionario, chiamato KOOS, ovvero "Knee Injury and Osteoarthritis Outcome score", ho preso la misurazione della circonferenza del quadricipite, valutati Rom e MRC. Questi tipi di valutazione sono stati poi effettuati anche a tre mesi e a 6 mesi. Abbiamo quindi iniziato il percorso riabilitativo, il cui programma prevedeva un totale di 5 sedute settimanali, con due giorni di riposo, il mercoledì e la domenica. Questo lavoro intensivo è stato possibile grazie al lavoro in concomitanza con un altro fisioterapista, da cui il ragazzo è andato per svolgere sessioni di elettrostimolazioni. Il focus principale è stato quello del controllo del dolore e del gonfiore: il ragazzo presentava questi due fattori nella norma, per cui è stato possibile procedere senza difficoltà. Sono stati consigliati al ragazzo strategie per cercare di far diminuire il gonfiore fisiologico, come l'utilizzo di ghiaccio localmente, tenere la gamba sollevata quando possibile (anche durante la notte, posizionando un cuscino sotto il materasso) per favorire il flusso e l'utilizzo di bendaggi funzionali da me applicati. Nei

primi giorni si è lavorato soprattutto sul recupero del ROM: una volta tolto il tutore, il paziente presentava un ginocchio fisiologicamente gonfio e doloroso, ma che non impediva il lavoro in flessione ed estensione. In flessione, dopo una mobilizzazione attiva assistita da supino, venivano somministrati al paziente degli esercizi da effettuare in autonomia anche a casa, quali:

- Da posizione seduta con gambe fuori dal letto, la flessione veniva già effettuata per forza di gravità. Con l'aiuto dell'altra gamba, si afferrava l'arto operato cercando di portarlo ancora più in flessione;
- Da posizione prona a terra, iniziava una flessione attiva dell'arto operato; poi, con l'aiuto dell'altra gamba, si afferrava l'arto operato cercando di forzarne la flessione;
- Wall slide: da seduto, con gambe a 90° sollevate sul muro, cercare di portare l'arto in flessione facendolo scivolare sul muro;
- Da posizione seduta, schiena contro il muro, cercare di flettere la gamba, portando il ginocchio verso il petto.

Questi esercizi sono stati effettuati innanzitutto in seduta, per poi farli eseguire in autonomia al paziente a casa, mentre in seduta si lavorava soprattutto sul recupero del rom da supini e mantenendo i gradi acquisiti per qualche secondo.

Per l'estensione, si partiva anche qui con un recupero da supini attraverso una mobilizzazione attivo-assistita, per poi passare ad illustrare alcuni esercizi da poter effettuare a casa:

- Heel Props: da posizione supina, porre un rialzo (come un cuscino) sotto al tallone dell'arto operato, così da tenere la gamba sollevata e forzare l'estensione. Si poteva anche effettuare l'esercizio con un pesetto sul ginocchio;
- Prone hangs: da posizione prona, portare l'arto operato fuori dal letto, mentre l'altro è piegato. Mediante l'uso di un pesetto posizionato sulla caviglia, l'arto operato scenderà per gravità. Questo esercizio deve essere svolto evitando i compensi di bacino, per cui è stato effettuato spesso in seduta così da poter correggere eventuali compensi;

- Da posizione seduta, far passare un elastico, fissato, dietro al cavo popliteo del ginocchio operato con l'arto leggermente flesso. Da questa posizione, cercare l'estensione del ginocchio contro l'elastico;
- Schiacciare un pallone di spugna dietro il cavo popliteo contro un muro.

Questo tipo di lavoro, effettuato per tre volte a settimana in seduta, ma anche continuati a casa dal ragazzo, ha permesso di raggiungere dopo 2 settimane i 100° di flessione e l'estensione quasi completa, con un deficit di pochi gradi.

L'altro focus principale di queste prime sedute era rivolto al corretto reclutamento del quadricipite, per lavorare sull'inibizione dell'AMI. Si è cercato di lavorare su esercizi di rinforzo ma dove l'attenzione principale era il reclutamento del muscolo, attraverso esercizi quali:

- Estendere il ginocchio cercando un glide superiore di rotula;
- Schiacciare un asciugamano posto sotto il cavo popliteo;
- Effettuare dei sollevamenti della coscia evitando di perdere l'estensione attiva del ginocchio;
- Da posizione seduta con gambe fuori dal letto, si porta il ginocchio in completa estensione, per poi richiedere una contrazione del quadricipite per mantenere attivamente quell'escursione articolare.

Questi esercizi, sommati alle due sedute di rinforzo con elettrostimolazione che il ragazzo effettuava presso un altro fisioterapista, hanno permesso fin da subito un buon reclutamento del quadricipite, permettendo un iniziale lavoro isometrico. Sempre in queste prime sedute si è lavorato anche sulla distribuzione del carico: il ragazzo è stato reso consapevole della gestione del carico sulla gamba operata attraverso l'ausilio delle stampelle. Dopo 5 giorni è stata tolta la prima stampella, dopo 15 la seconda. Il lavoro che è stato fatto con il ragazzo è stato inizialmente quello di fargli prendere coscienza del carico tollerato: un po' di timore lo ha frenato, e non lo rendeva sicuro nel portare il peso sull'arto operato. Piano piano abbiamo lavorato sullo spostamento del carico sull'arto operato con esercizi semplici da eseguire in monopodalica, come lo spostamento dell'arto controlaterale in avanti e indietro, portando il peso sull'arto

operato.

Una volta riacquisita sicurezza e il corretto schema del passo, abbiamo potuto togliere la seconda stampella e procedere con la riabilitazione. Per lavorare sul corretto schema del passo, abbiamo effettuato esercizi come il cup walking, che consiste nel superamento di ostacoli (due coni) posti uno davanti l'arto operato, l'altro dietro, facendo attenzione alla corretta flessione ed estensione di ginocchio.

A questo punto si è progrediti con il guadagno di altri gradi in flessione, la completa estensione e l'introduzione di esercizi di rinforzo a catena cinetica chiusa. Il ragazzo qui ha effettuato sedute di nuoto in piscina e cyclette. Abbiamo inserito esercizi isometrici anche comprendendo gli altri distretti muscolari, ma un particolare focus va fatto alla muscolatura dei flessori: il sito della lesione è stato trattato come una lesione muscolare, lavorando principalmente in sinergia con i quadricipiti. In questa fase abbiamo lavorato su:

- Sedia isometrica al muro;
- Squat isometrico;
- Leg extension isometrica ad angolo di 90°, calciando contro una fitball posizionata appoggiata al muro;
- Pressa isometrica.

A tutto ciò, erano aggiunti esercizi di rinforzo per altri distretti muscolari, ad esempio il calf raise per i polpacci o il ponte per la muscolatura glutea. Il ragazzo presentava uno squilibrio di carico durante l'esecuzione dello squat: il suo focus era così alto da portare maggiormente il peso verso la gamba operata. Questo tipo di compenso ha una influenza negativa su gesti più dinamici come un salto o un cambio di direzione. Spesso possono portare ad una riduzione della potenza del ginocchio e l'incremento del lavoro di altre articolazioni o di altri muscoli in prima fase durante lo squat, successivamente durante il salto o l'atterraggio. Questo atteggiamento scorretto è stato modificato attraverso l'utilizzo di una fitball posizionata come base durante la posizione seduta: l'obiettivo era effettuare lo squat sedendosi sulla fitball, così da recepire la differenza di carico. In più, sono stati effettuati video durante la scorretta esecuzione, così da poterli mostrare al ragazzo e indirizzarlo verso il corretto movimento. La cattiva esecuzione è stata

modificata e resa corretta dopo poche sedute. Dopo un mese circa dall'operazione, il ragazzo ha effettuato sedute fisioterapiche in ospedale, dove ha lavorato specialmente su estensione, rinforzo glutei e adduttori anche con elastici, e soprattutto sulla pedana stabilometrica, per poter perfezionare il bilanciamento del carico. Ha effettuato esercizi per il controllo del tronco, come porre resistenza ad una spinta esterna mentre si trovava in posizione seduta su fitball e con appoggio monopodalico a terra. Infine, si è potuto effettuare trattamento della cicatrice poiché il tempo trascorso dall'operazione lo permetteva. In questo momento, sono state inserite sessioni di camminata su treadmill. L'obiettivo principale era quello di lavorare sul carico, controllare il mantenimento della corretta sequenza del passo e lavorare sull'estensione e sulla spinta della gamba mentre si eseguiva la fase di toe off, ovvero l'ultimo appoggio sulla punta prima dell'oscillazione in avanti dell'arto.

## ***5.2: Fase intermedia***

In questo periodo possiamo dire di essere entrati nella fase intermedia, considerati i progressi effettuati dal ragazzo e il raggiungimento e il soddisfacimento dei requisiti per questo passaggio. Il Rom era completo in estensione, mentre la flessione era di 130°, la forza era buona e si è potuto passare al lavoro prettamente monopodalico e isotonic. In questa fase, gli esercizi a cui il ragazzo era sottoposto erano i seguenti:

- Sedia isotonica al muro con fitball;
- Squat;
- Sit to stand monopodalico;
- Affondo frontale;
- Step up da rialzo basso;
- Calf raise monopodalici;
- Pressa monopodalica e bipodalica;
- Leg extension (fai 90° ai 45°, dove il legamento è maggiormente tutelato);
- Ponte glutei.

Tutti gli esercizi sono stati effettuati aumentando il carico gradualmente, a tolleranza del paziente e valutando sempre dolore e gonfiore. Solamente due esercizi hanno dato piccoli problemi al ragazzo: l'affondo frontale e lo step up. Durante l'esecuzione dell'affondo frontale, il ragazzo riferiva dolore al ginocchio operato quando effettuava la flessione, per cui abbiamo aspettato per aggiungere carico; mentre leggera dolenzia era presente anche nell'esecuzione dello step up, per cui inizialmente siamo rimasti su un'altezza bassa, tollerata dal paziente. Nell'utilizzo del treadmill, una volta osservata la bontà dell'esecuzione della camminata, abbiamo progressivamente aumentato la velocità fino ad intervallare camminate veloci a corsette. In questa fase si è aumentato nuovamente i carichi, ed è stato aggiunto un piccolo esercizio sull'atterraggio da un'altezza minima, cioè da un treadmill, con caduta prima bipodolica, poi monopodolica. Arrivati ai 3 mesi, il ragazzo aveva raggiunto la quasi parità circonferenziale tra le due cosce, per cui abbiamo iniziato ad andare in campo per introdurre camminate a diverse intensità. Come parametri per il return to running, sono stati considerati come criteri clinici: il dolore < 2/10, assenza di gonfiore, flessione di ginocchio 95% rispetto al controlaterale e l'estensione completa, mentre come criteri di forza muscolare abbiamo valutato il buon recupero del tono muscolare, la capacità di effettuare un single leg sit to stand endurance per più di 22 ripetizioni al minuto e l'heel raise endurance per più di 25 ripetizioni, oltre al tempo trascorso dall'operazione, cioè 12 settimane. Inoltre è arrivato il consenso per il ritorno alla corsa anche dal medico ortopedico. Inizialmente sono state effettuate sedute di camminata veloce; gradualmente abbiamo alternato la camminata veloce effettuata sul lato lungo del campo, e la corsetta sul lato corto. L'approccio al campo è stato molto buono, con dolore e gonfiori assenti in tutte le sessioni: questo ha permesso di aumentare ancora la percentuale tra camminata veloce e corsetta, fino ad effettuare sessioni anche di 6 minuti di corsa continua. Su indicazione ortopedica, dopo qualche giorno dal controllo (quindi dopo circa 3 mesi e mezzo dall'infortunio) è stato inserito il tocco leggero della palla, portando ad esercizi come la corsa con conduzione della palla. Il lavoro di corsa è poi progredito attraverso serie di lavoro intervallate, per esempio dei lavori sui 100 m con 20 secondi di allungo e 20 di recupero. In questa fase, sono state apportate modifiche agli esercizi effettuati in palestra: oltre al continuo aumento dei carichi, abbiamo aggiunto esercizi di prevenzione per la muscolatura flessoria, come il nordic hamstring, è stata aumentata l'altezza degli step up e delle cadute

bipodaliche e monopodaliche, fino ai 50 cm, la leg extension viene effettuata normalmente, viene aggiunto il single leg deadlift, l'affondo laterale e gli affondi camminati.

Dopo 30 gg dal controllo ortopedico, sono stati inseriti cambi di direzione larghi, con una corsa quasi rotonda, attraverso corse fatte attorno al semicerchio di centrocampo e il ragazzo ha riniziato a calciare.

Qui abbiamo raggiunto quasi la fase finale, intorno al quinto mese.

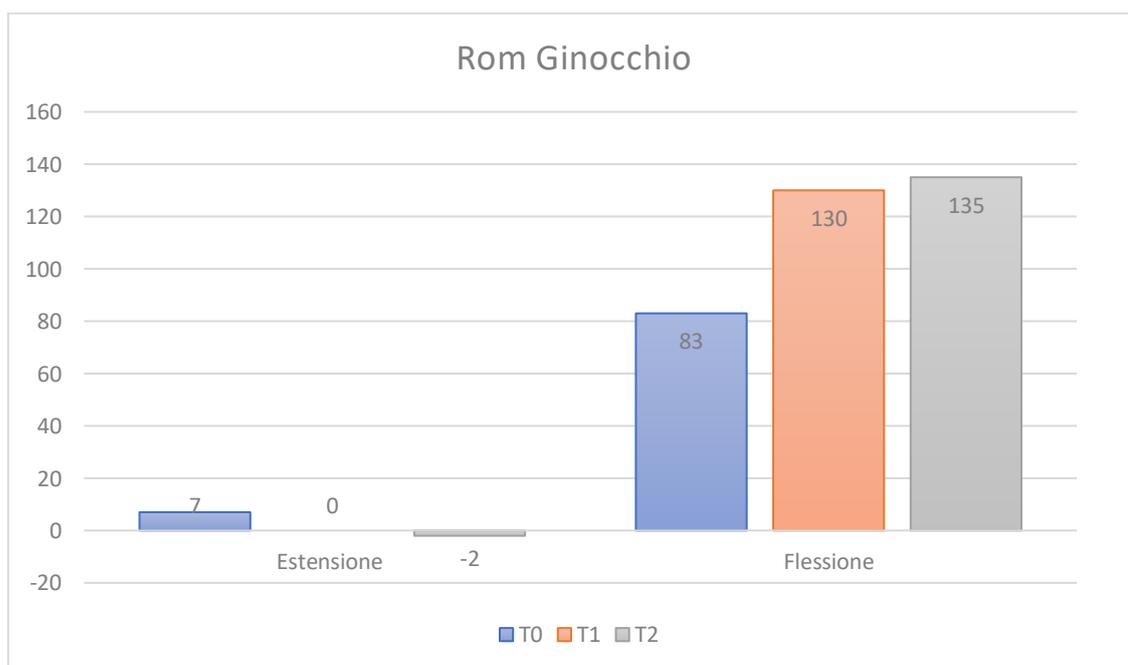
### ***5.3: Fase finale e return to play***

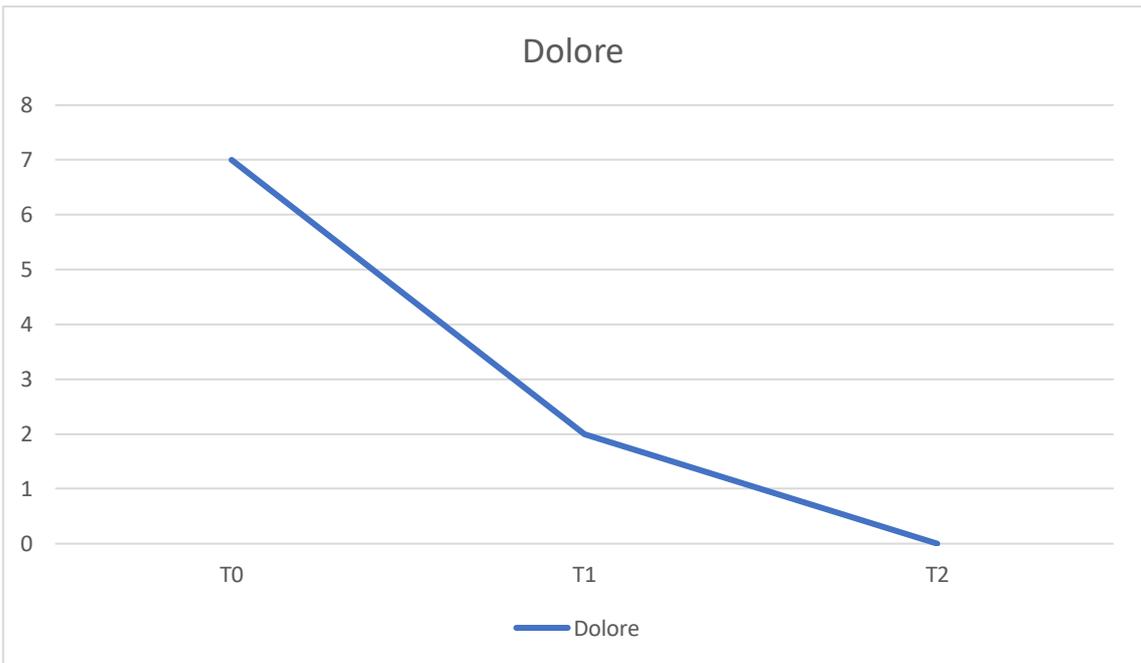
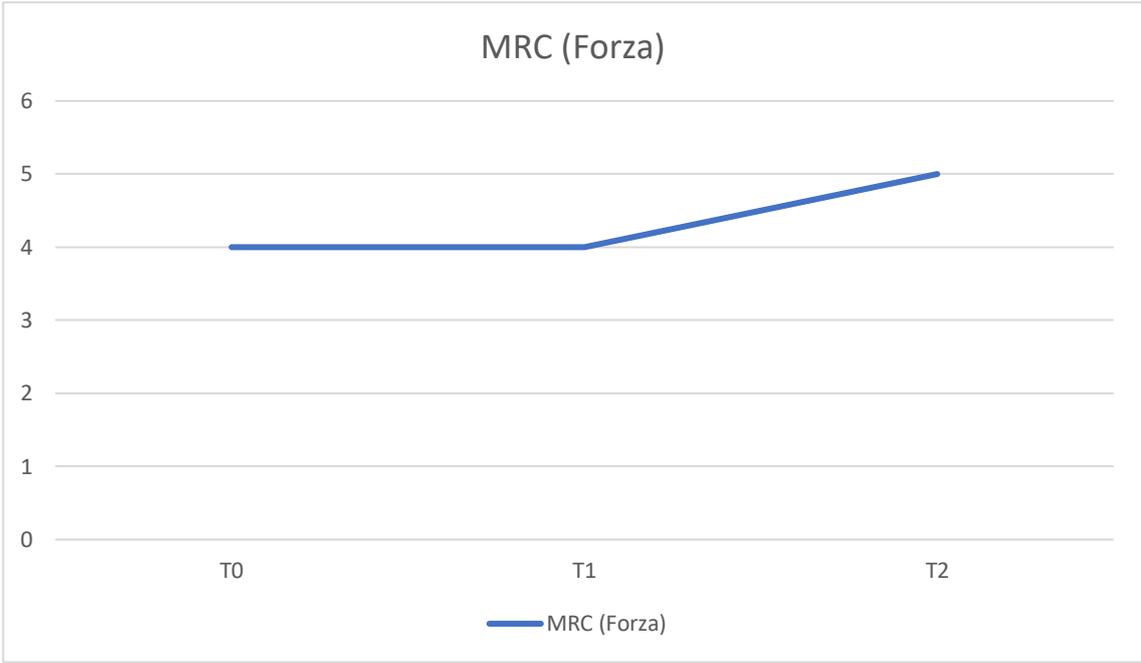
Questa è la fase in cui siamo andati a lavorare sugli ultimi movimenti sport-specifici. Le frenate e le decelerazioni erano iniziate già precedentemente in sessioni indoor, per poi passare ad effettuarle in campo, e sono state effettuate su diverse distanze e con diverse intensità. Successivamente il focus è stato portato su skip laterali con appoggi monopodalici, frenate anche monopodaliche, slalom e cambi di direzioni ad angoli via via sempre minori. Questo tipo di lavoro è stato aggiunto sia con sedute specifiche, sia sono ripreso dopo lavoro in palestra. Negli ultimi giorni, un ulteriore controllo ortopedico ha autorizzato il ragazzo al ritorno alle attività con la squadra in maniera differenziata, e poi completamente con il gruppo. Sono stati effettuate anche sedute di pliometria in campo, tramite il salto di ostacoli consecutivi con tempo di reazione a terra bassissimo. Per circa 20 giorni, il ragazzo effettuava la parte aerobica con la squadra, il rinforzo in palestra personalizzato e seguito anche dal preparatore atletico, mentre con la palla ha lavorato in maniera differenziata, spesso indossando una casacca per farlo giocare come Jolly, ovvero una condizione in cui non poteva essere attaccato a contrasto. Questa condizione ha permesso al ragazzo di rientrare gradualmente in gruppo, cercando di acquisire sempre più sicurezza nei piccoli gesti tecnici e confidenza nella gestione delle proprie sensazioni. Ad oggi, quindi a 7 mesi inoltrati dall'intervento, effettua sedute di allenamento complete con il gruppo. L'unica complicanza sporadica è la comparsa di gonfiore al ginocchio operato, che avviene soprattutto dopo la seduta in palestra, dove recentemente ha aggiunto ancora carichi grazie al programma di lavoro consegnatogli dal preparatore atletico. Questa gestione del gonfiore va controllata e seguita nel tempo per

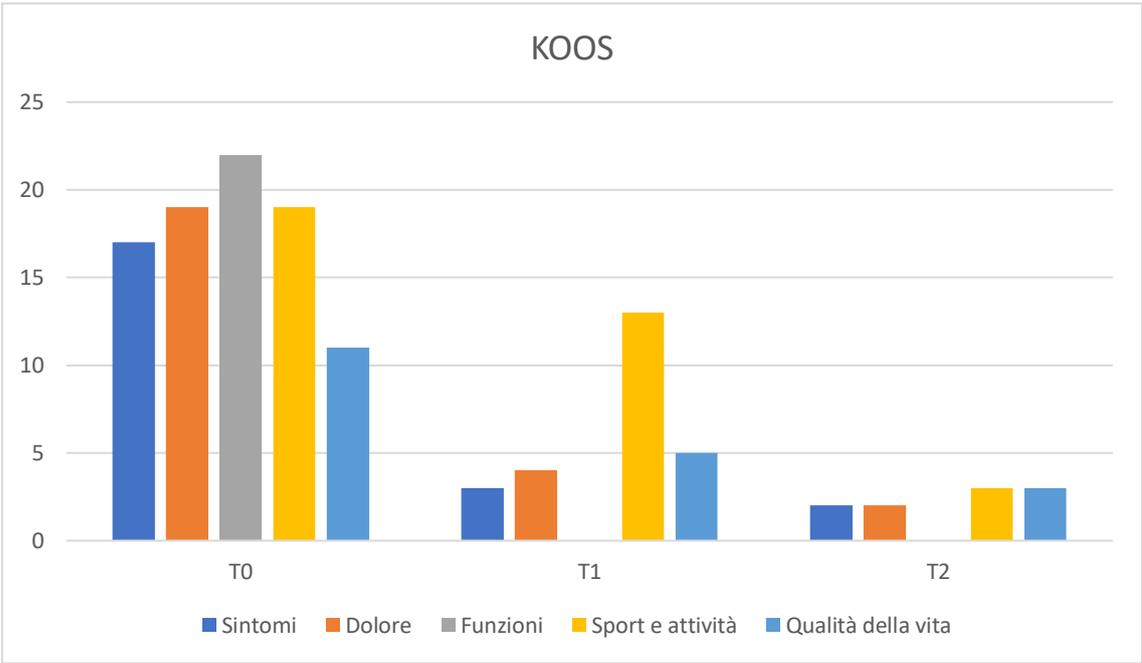
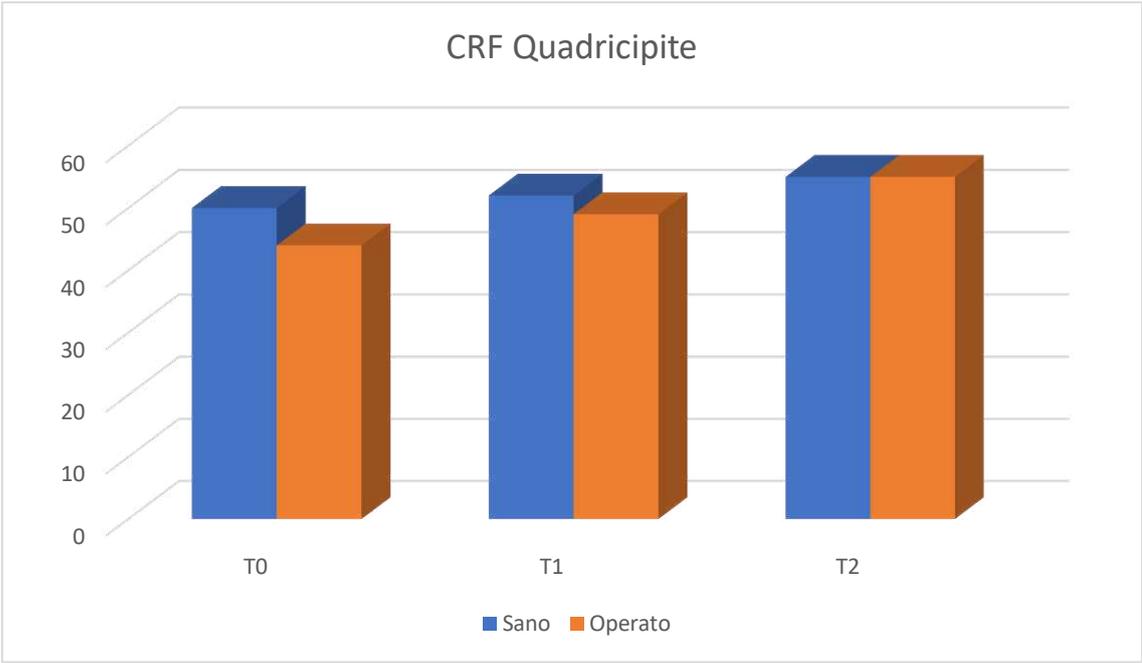
vedere l'evoluzione: ad oggi, il gonfiore sembra scomparire dopo circa 2 giorni di riposo dalla comparsa.

## Risultati

	T0	T1	T2
KOS	48	86	94
VAS	7/10	2/10	0/10
ROM	Flessione: 83° Estensione: 5°	Flessione: 130° Estensione: 0°	Flessione: 135° Estensione: -2°
MRC	4/5	4/5	5/5
CRF	Sana: 50 Operata: 44	Sana: 52 Operata: 49	Sana: 55 Operata: 55







## ***DISCUSSIONE***

Nel grafico del Rom vediamo come il ragazzo abbia recuperato notevolmente già dopo 3 mesi, dove presenta una estensione completa e una flessione quasi completa. È bastato poi lavorare ancora un po' per recuperare i pochi gradi che mancavano per arrivare alla flessione completa e una leggera iperestensione. La misurazione è avvenuta sempre all'inizio della seduta, accertandosi che il paziente non avesse dolore o altre complicazioni che potessero inficiarne il risultato.

La forza è stata valutata comparando sempre con la gamba controlaterale. Dal grafico risulta come la forza sembra essere rimasta pressochè simile dal tempo T0 a T1, ma in realtà è un limite della scala stessa, in quanto con il valore 4 intendiamo una forza che vince la gravità ma non è pari all'arto controlaterale. È chiaro che la forza espressa a T0, quindi ad una settimana dall'intervento, è una forza che rispecchia il valore 4, ma non è assolutamente paragonabile al valore 4 riportato in T1, dove la differenza di forza tra i due arti è sicuramente minore. Questa disparità è stata livellata a T2, dove con il valore 5 indichiamo la completa parità di forza tra i due arti, quello operato e quello sano. Questa condizione di forza è meglio leggibile attraverso il grafico che mostra la circonferenza del quadricipite. Notiamo come in T0, nonostante il valore 4 della MRC, la disparità in termini di centimetri sia netta. Successivamente invece, passando a T1, mentre il valore della MRC rimane 4, si nota una differenza molto minore tra le due circonferenze: questo a sottolineare quanto detto in precedenza. A T2 si arriva ad una condizione di perfetta parità tra gli arti, a conferma del valore 5 espresso dalla scala MRC. Per quanto riguarda la valutazione del dolore, la scala è stata somministrata al termine della seduta stessa. Il valore così alto in T0 è comprensibile vista la poca distanza dall'operazione, quindi in una condizione di sofferenza generale sommata al lavoro di recupero del Rom della seduta fisioterapica. In T1, il ragazzo non aveva nessun dolore all'inizio della seduta, ma aumentava leggermente a fine seduta a causa del lavoro svolto in palestra. Rimaneva comunque un dolore leggero, che non inficiava l'esecuzione degli esercizi proposti. In T2 invece, notiamo come anche al termine della seduta fisioterapica, che comprendeva anche del lavoro in campo, non risulti nessun tipo di dolore.

La somministrazione della scala KOOS, infine, è stata effettuata in T0 al termine di una delle prime sedute. Dopo la compilazione, si è notato come i valori che hanno fatto alzare

il punteggio erano relativi specialmente alle categorie del dolore, dei sintomi e del funzionamento/sport. È chiaro che a pochi giorni dall'operazione la categoria del funzionamento risulti ancora impossibile da effettuare, mentre le condizioni di gonfiore e dolore sono tipiche del periodo post-operatorio, per cui ci si aspettava questo tipo di punteggio. A T1 invece il punteggio è sceso drasticamente grazie al miglioramento delle condizioni generali e alla ripresa di attività quotidiane. Nonostante ciò, la categoria relativa allo sport ovviamente alzava il punteggio, poiché azioni come il saltare o il torcersi erano ancora relativamente insufficienti e non adatte al periodo temporale. In T2 invece il punteggio si abbassa ancora di più, con le uniche note meritevoli di attenzione legate ad un leggero gonfiore che si presenta sporadicamente, soprattutto al termine di sessioni di forza, correlate ad un leggero dolore.

## ***CONCLUSIONI***

Considerando i risultati ottenuti al termine di questo studio, è possibile ritenersi soddisfatti del percorso riabilitativo effettuato, secondo le EBP e prendendo in considerazione i singoli parametri, possiamo verificare come ci sia stato un ottimo recupero del ROM articolare, un notevole incremento della forza e un ritorno alle attività di vita quotidiana funzionali. Nella considerazione del ritorno allo sport, trovandoci nel settimo mese di trattamento, il risultato fin qui ottenuto è buono, ma il percorso riabilitativo deve essere continuato attraverso un lavoro di prevenzione da possibili infortuni. Ciò che si denota è la mancanza di protocolli riabilitativi standard nella letteratura, con una molteplicità e una varietà di studi ampia che necessitano di un maggior lavoro di ricerca. Si è consapevoli che queste conclusioni non possono tuttavia essere estese ad un campione maggiore in quanto riferite ad un singolo caso.

*ALLEGATI*

*ALLEGATO 1: Scala MRC*

## Forza Muscolare (scala MRC)

0 = nessuna contrazione muscolare

1 = movimento non possibile; sono visibili e/o palpabili deboli contrazioni del muscolo, senza spostamento segmentario

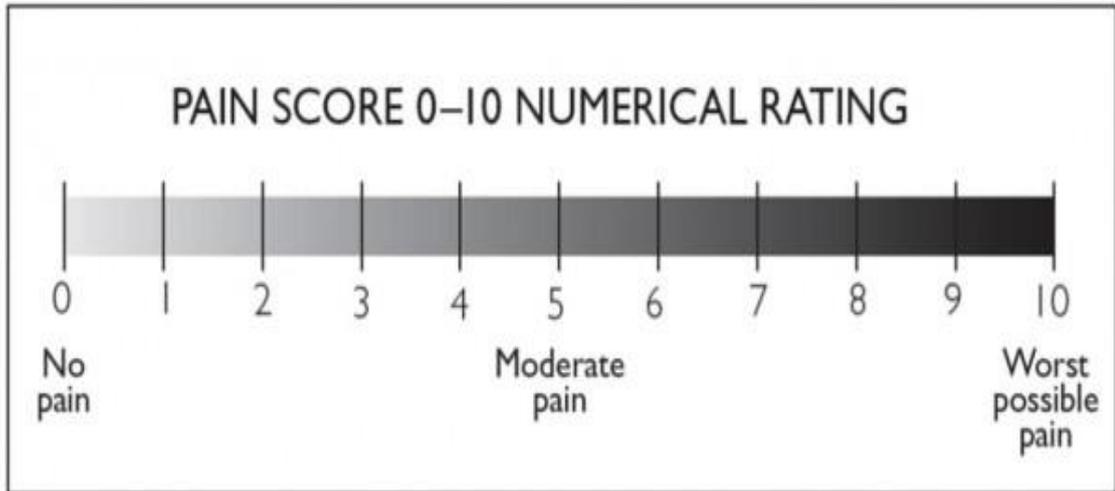
2 = il movimento avviene in assenza di gravità

3 = movimento contro forza di gravità, ma non contro resistenza da parte dell'esaminatore

4 = movimento eseguibile in tutta la sua ampiezza, ma vinto dalla resistenza dell'esaminatore

5 = forza normale

*ALLEGATO 2: Scala NPRS*



## Allegato 3: Questionario KOOS.

### KOOS KNEE SURVEY Versione italiana

Nome e Cognome: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_      Data: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Data di nascita: \_\_\_\_\_

**ISTRUZIONI:** il presente questionario ha lo scopo di raccogliere informazioni in merito al suo punto di vista circa i problemi del suo ginocchio. Queste informazioni ci aiuteranno a conoscere la salute del suo ginocchio e il livello con cui è in grado di svolgere le normali attività quotidiane. Per cortesia, risponda ad ogni domanda barrando la casella più appropriata (una sola casella per ciascuna domanda). Se è indeciso sulla risposta da scegliere, fornisca la migliore risposta possibile.

#### Sintomi

Risponda alle seguenti domande ripensando ai sintomi avvertiti durante la **scorsa settimana**.

S1. Il suo ginocchio tende a gonfiarsi?

Mai       Raramente       Qualche volta       Spesso       Sempre

S2. Avverte crepitii, schiocchi o altri rumori quando muove il ginocchio?

Mai       Raramente       Qualche volta       Spesso       Sempre

S3. Il suo ginocchio si blocca o si arresta quando si muove?

Mai       Raramente       Qualche volta       Spesso       Sempre

S4. Riesce ad estendere il ginocchio completamente?

Spesso       Raramente       Qualche volta       Spesso       Mai

S5. Riesce a piegare il ginocchio completamente?

Spesso       Raramente       Qualche volta       Raramente       Mai

#### Rigidità

Le seguenti domande riguardano il grado di rigidità articolare che ha provato durante la **scorsa settimana**. La rigidità è una sensazione di limitazione e di rallentamento nella naturalezza con cui normalmente utilizza il suo ginocchio.

S6. Qual è la rigidità del suo ginocchio, appena svegliato la mattina?

Nessuna       Lieve       Di media intensità       Severa       Grave

S7. Qual è la rigidità del suo ginocchio quando è seduto, sdraiato o a riposo, **nel corso nella giornata?**

Nessuna       Lieve       Di media intensità       Severa       Grave

**Dolore**

P1. Con quale frequenza ha dolore al ginocchio?

Mai	I volta al mese	I volta alla settimana	Ogni giorno	Sempre
<input type="checkbox"/>				

Quanto dolore ha avuto la scorsa settimana durante le seguenti attività?

P2. Torcere/fare perno sul ginocchio

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P3. Estendere completamente il ginocchio

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P4. Flettere completamente il ginocchio

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P5. Camminare su superfici piane

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P6. Salire o scendere le scale

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P7. La notte, stando a letto

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P8. Rimanere seduto o sdraiato

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

P9. Rimanere in posizione eretta

Nessuno	Lieve	Di media intensità	Severo	Insopportabile
<input type="checkbox"/>				

**Funzionamento, attività quotidiane**

Le seguenti domande riguardano le sue capacità fisiche. Con questo termine intendiamo le abilità di spostarsi e di prendersi cura della propria persona. Per cortesia, per ognuna delle seguenti attività, indichi il grado di difficoltà incontrato durante la scorsa settimana a causa del suo ginocchio.

A1. Scendere le scale

Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
<input type="checkbox"/>				

A2. Salire le scale

Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
<input type="checkbox"/>				

<b>A3. Alzarsi da seduto</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A4. Stare in piedi</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A5. Flettersi verso il pavimento/raccogliere un oggetto da terra</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A6. Camminare su superfici piane</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A7. Salire/scendere dalla macchina</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A8. Fare spese o compere</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A9. Indossare le calze</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A10. Alzarsi dal letto</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A11. Sfilare le calze</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A12. Stendersi a letto (girandosi, conservando la posizione del ginocchio)</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A13. Entrare/uscire dalla vasca da bagno</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A14. Sedersi</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				
<b>A15. Alzarsi/sedersi sul WC</b>	Nessuno	Lieve	Medio	Intenso	Molto intenso
	<input type="checkbox"/>				

**A16.** Svolgere lavori domestici pesanti (spostare oggetti pesanti, lavare i pavimenti, etc.)

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

**A17.** Svolgere lavori domestici leggeri (cucinare, spolverare, etc.)

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

### **Funzionamento, sport e attività ricreative**

Le domande seguenti riguardano le sue capacità fisiche durante attività più impegnative. Per cortesia, risponda alle seguenti domande ripensando al grado di difficoltà incontrato durante la scorsa settimana a causa del suo ginocchio.

**SP1.** Accovacciarsi

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

**SP2.** Correre

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

**SP3.** Saltare

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

**SP4.** Torcere/fare perno sul ginocchio infortunato

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

**SP5.** Inginocchiarsi

Nessuno  Lieve  Medio  Intenso  Molto intenso

### **Qualità di vita**

**Q1.** Quanto spesso si accorge di avere problemi al ginocchio?

Mai  1 volta al mese  1 volta alla settimana  Ogni giorno  Sempre

**Q2.** Ha modificato il suo stile di vita al fine di evitare attività potenzialmente dannose per il suo ginocchio?

No, per nulla  Un poco  Parzialmente  Molto  Del tutto

**Q3.** Quanto è preoccupato a causa della mancanza di sicurezza del suo ginocchio?

Per nulla  Un poco  Parzialmente  Molto  Del tutto

**Q4.** In generale, i problemi del suo ginocchio quanta difficoltà creano?

Nessuna  Lieve  Media  Elevata  Estrema

**La ringraziamo per aver risposto alle domande del questionario.**

## BIBLIOGRAFIA

1. Moses B., Orchard J., Orchard J. (2012). Systematic Review: Annual Incidence of ACL Injury and Surgery in Various Populations. *Research in Sport medicine*, 20(3-4), 157-179. <https://doi.org/10.1080715438627.2012.680633>.
2. Waldén M., Hagglund M., Werner J., Ekstrand J. (2010). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 3-10. <https://doi.org/10.1007/800167-010-1172-7>.
3. Owens B.D., Mountcastle S.B., Dunn W.R., DeBerardino T.M., Taylor D.C. (2007), Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injury among Active Duty U.S. Military Servicemen and Servicewomen. *Military Medicine*, 172 (1), 90-91. <https://doi.org/10.7205/milmed.172.1.90>.
4. Montalvo A.M., Schneider D.K., Webster K.E., Yut L., Galloway M.T., Heidt R.S., Kaeding C.C., Kremcheck T.E., Magnussen R.A., Parikh S.N., Stanfield D.T., Wall E.J., Myer G.D. (2019). Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *Journal of Athletic Training*, 54 (5), 472-482. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-407-16>.
5. Bram J.T., Magee L.C., Mehta N.N., Patel N.M., Ganley T.J. (2020). Anterior Cruciate Ligament Injury Incidence in Adolescent Athletes: a Systematic Review and Meta-Analysis. *The American Journal of Sports Medicine*, 49 (7), 1962-1972. <https://doi.org/10.1177/0363546520959619>.
6. Prodromos C.C., Han Y., Rogowski J., Joyce B., Shi K. (2007). A Meta-analysis of the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears as a Function of Gender, Sport, and a Knee Injury-Reduction Regimen. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(12), 1320-1325.e6. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2007.07.003>.
7. Hagglund M., Waldan M., Ekstrand J. (2009). Injuries among male and female elite football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(6), 819-827. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00861.x>
8. Grassi A., Macchiarola L., Filippini M., Lucidi G.A., della Villa F., Zaffagnini S. (2019). Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 12(3), 279-288. <https://doi.org/10.1177/1941738119885642>.
9. Wiggins A.J., Grandhi R.K., Schneider D.K., Stanfield D., Webster K.E., Myer G.D. (2016). Risk of Secondary Injury in Younger Athletes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(7), 1861-1876. <https://doi.org/10.1177/0363546515621554>.
10. Sullivan J.P., Huston L.J., Zajichek A., Reinke E.K., Andrish J.T., Brophy R.H., Dunn W.R., Flanagan D.C., Kaeding C.C., Marx R.G., Matava M.J., McCarty E.C., Parker R.D., Vidal A.F., Wolf B.R., Wright R.W., Spindler K.P. (2020). Incidence and Predictors of Subsequent Surgery After Anterior Cruciate Ligament

- Reconstruction: A 6-Year Follow-Up Study. *The American Journal of Sports Medicine*, 48(10), 2418-2428. <https://doi.org/10.1177/036546520935867>.
11. Bayer S., Meredith S.J., Wilson K.W., de Sa D., Pauyo T., Byrne K., McDonough C.M., Musahl V. (2020), Knee Morphological Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 102 (8), 703-718. <http://doi.org/10.2106/jbjs.19.00535>.
  12. Myer G.D., Heidt R.S., Waits C., Finck S., Stanfield D., Posthumus M., Hewett T.E. (2014). Sex comparison of familiar predisposition di anterior cruciate ligament injury. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(2), 387-391. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2822-3>.
  13. Westin M., Reeds.Lundqvist S., Werner S. (2016). The correlation between anterior cruciate ligament injury in elite alpine skiers and their parents. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(3), 697-701. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-2974-9>.
  14. Larruskain J., Lekue J.A., Diaz N., Odriozola A., Gil S.M. (2018). A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine Campo; Science in Sport*, 28(1), 237-245. <https://doi.org/10.1111/sms.12860>.
  15. Mihata L.C.S., Beutler A.I., Boden B.P. (2006). Comparing the Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injury in Collegiate Lacrosse, Soccer, and Basketball Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 34(6), 899-904. <https://doi.org/10.1177/0363546505285582>.
  16. Sturnick D.R., Vacek P.M., DeSarno M.J., Gardner-Morse M.G., Tourville T.W., Slauterbeck J.R., Johnson R.J., Shultz S.J., Beynnon B.D. (2015). Combined Anatomic Factors Predicting Risk of Anterior Cruciate Ligament Injury for Males and Females. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(4), 839-847. <https://doi.org/10.1177/0363546514563277>
  17. Gornitzky A.L., Lott A., Yellin J.L., Fabricant P.D., Lawrence J.T., Ganley T.J. (2016). Sport-Specific Yearly Risk and Incidence of Anterior Cruciate Ligament Tears in High School Athletes. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(10), 2716-2723. <https://doi.org/10.1177/0363546515617742>
  18. Della Villa F., Hagglung M., della Villa S., Ekstrand J., Walden M. (2021). High rate of second ACL injury following ACL reconstruction in male professional footballers: an uploaded longitudinal analysis from 118 players in the UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*, 55(23), 1350-1357. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103555>.
  19. Collings T.J., Bourne M.N., Barrett R.S., du Moulin W., Hickey J.T., Diamond L.E. (2021). Risk Factors for Lower Limb Injury in Female Team Field and Court Sports: A Systematic Review, Meta-analysis, and Best Evidence Synthesis. *Sports Medicine*, 51(4), 759-776. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01410-9>.
  20. Velazquez-Rueda M.L., Martinez-Avila J.P., Perez-Serna A.G., Gomez-Garcia F. (2016). Factores de riesgo y frecuencia de rerruptas del ligamento cruzado anterior en adultos. *Acta ortopedica mexicana*, 20(2), 61-66.

21. Paterno M.V., Rauh M.J., Schmitt L.C., Ford K.R., Hewett T.E. (2012). Incidence of contralateral and ipsilateral anterior cruciate ligament (ACL) Injury after primary ACL reconstruction and return to sport. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 22(2), 116-121. <https://doi.org/10.1097/jsm.obo13e318246ef9e>.
22. Ueki H., Nakagawa Y., Ohara T., Watanabe T., Horie M., Katagiri H., Otabe K., Katagiri K., Hiyama K., Katakura M., Hoshino T., Inomata K., Araya N., Sekiya I., Muneta T., Koga H. (2018). Risk factors for residual pivot shift after anterior cruciate ligament reconstruction: data from the MAKS group. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official Journal of the ESSKA*, 26(12), 3724-3730. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5005-4>.
23. Della Villa F., Buckthorpe M., Grassi A., Nabiuzzi A., Tosarelli F., Zaffagnini S., della Villa S. (2020). Systematic video analysis of ACL injuries in professional male football (soccer): injury mechanism, situational patterns and biomechanics study on 134 consecutive cases. *British Journal of Sports Medicine*, 54(23), 1423-1432. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101247>.
24. Alentorn-Geli E., Alvarez-Diaz P., Ramon S., Marin M., Steinbacher G., Boffa J.J., Cusco X., Ballester J., Cugat R. (2015), Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(9), 2508-2513. <https://doi.org/10.1007/s00167-014-3018-1>.
25. Vuurberg G, Altink N, Rajai M, Blankevoort L, Kerkhoffs GMMJ. Weight, BMI and stability are risk factors associated with lateral ankle sprains and chronic ankle instability: a meta-analysis. *J ISAKOS*. 2019 Nov;4(6):313-327. doi: 10.1136/jisakos-2019-000305. Epub 2019 Oct 23. Erratum in: *J ISAKOS*. 2021 Jan;6(1):61. doi: 10.1136/jisakos-2019-000305corr1. PMID: 33835938.
26. Thein R, Boorman-Padgett J, Stone K, Wickiewicz TL, Imhauser CW, Pearle AD. Biomechanical Assessment of the Anterolateral Ligament of the Knee: A Secondary Restraint in Simulated Tests of the Pivot Shift and of Anterior Stability. *J Bone Joint Surg Am*. 2016 Jun 1;98(11):937-43. doi: 10.2106/JBJS.15.00344. PMID: 27252438.
27. Chassé M, Fergusson DA, Chen Y. Body mass index and the risk of injury in adults: a cross-sectional study. *Int J Obes (Lond)*. 2014 Nov;38(11):1403-9. doi: 10.1038/ijo.2014.28. Epub 2014 Feb 14. PMID: 24525959.
28. Dragoo JL, Braun HJ, Harris AH. The effect of playing surface on the incidence of ACL injuries in National Collegiate Athletic Association American Football. *Knee*. 2013 Jun;20(3):191-5. doi: 10.1016/j.knee.2012.07.006. Epub 2012 Aug 21. PMID: 22920310.
29. Patel SA, Hageman J, Quatman CE, Wordeman SC, Hewett TE. Prevalence and location of bone bruises associated with anterior cruciate ligament injury and implications for mechanism of injury: a systematic review. *Sports Med*. 2014 Feb;44(2):281-93. doi: 10.1007/s40279-013-0116-z. PMID: 24158783; PMCID: PMC3946752.
30. Kiapour AM, Kiapour A, Goel VK, Quatman CE, Wordeman SC, Hewett TE, Demetropoulos CK. Uni-directional coupling between tibiofemoral frontal and

- axial plane rotation supports valgus collapse mechanism of ACL injury. *J Biomech.* 2015 Jul 16;48(10):1745-51. doi: 10.1016/j.jbiomech.2015.05.017. Epub 2015 May 29. PMID: 26070647; PMCID: PMC4492862.
31. Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med.* 2007 Aug;41 Suppl 1(Suppl 1):i47-51. doi: 10.1136/bjsm.2007.037192. PMID: 17646249; PMCID: PMC2465243.
  32. Carlson VR, Sheehan FT, Boden BP. Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: A Systematic Review. *JBJS Rev.* 2016 Nov 29;4(11):e5. doi: 10.2106/JBJS.RVW.15.00116. PMID: 27922985; PMCID: PMC5865503.
  33. Legamento Crociato Anteriore, *Fisioscience*, pag.76, figura 14.
  34. Bittencourt NFN, Meeuwisse WH, Mendonça LD, Nettel-Aguirre A, Ocarino JM, Fonseca ST. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition-narrative review and new concept. *Br J Sports Med.* 2016 Nov;50(21):1309-1314. doi: 10.1136/bjsports-2015-095850. Epub 2016 Jul 21. PMID: 27445362.
  35. Della Villa F, Buckthorpe M, Grassi A, Nabiuzzi A, Tosarelli F, Zaffagnini S, Della Villa S. 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 Dec;54(23):1423-1432. doi: 10.1136/bjsports-2019-101247. Epub 2020 Jun 19. PMID: 32561515.
  36. Décarry S, Fallaha M, Belzile S, Martel-Pelletier J, Pelletier JP, Feldman D, Sylvestre MP, Vendittoli PA, Desmeules F. Clinical diagnosis of partial or complete anterior cruciate ligament tears using patients' history elements and physical examination tests. *PLoS One.* 2018 Jun 12;13(6):e0198797. doi: 10.1371/journal.pone.0198797. PMID: 29894492; PMCID: PMC5997333.
  37. Lucarno S, Zago M, Buckthorpe M, Grassi A, Tosarelli F, Smith R, Della Villa F. Systematic Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Professional Female Soccer Players. *Am J Sports Med.* 2021 Jun;49(7):1794-1802. doi: 10.1177/03635465211008169. Epub 2021 May 14. PMID: 33989090.
  38. Sokal PA, Norris R, Maddox TW, Oldershaw RA. The diagnostic accuracy of clinical tests for anterior cruciate ligament tears are comparable but the Lachman test has been previously overestimated: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022 Oct;30(10):3287-3303. doi: 10.1007/s00167-022-06898-4. Epub 2022 Feb 12. PMID: 35150292; PMCID: PMC9464183.
  39. Wagemakers HP, Luijsterburg PA, Boks SS, Heintjes EM, Berger MY, Verhaar JA, Koes BW, Bierma-Zeinstra SM. Diagnostic accuracy of history taking and physical examination for assessing anterior cruciate ligament lesions of the knee in primary care. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010 Sep;91(9):1452-9. doi: 10.1016/j.apmr.2010.06.012. PMID: 20801267.
  40. Tanaka S, Inoue Y, Masuda Y, Tian H, Jung H, Tanaka R. Diagnostic Accuracy of Physical Examination Tests for Suspected Acute Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Sports Phys Ther.* 2022

- Aug 1;17(5):742-752. doi: 10.26603/001c.36434. PMID: 35949377; PMCID: PMC9340834.
41. Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 May;36(5):267-88. doi: 10.2519/jospt.2006.2011. PMID: 16715828.
  42. Huang W, Zhang Y, Yao Z, Ma L. Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: a systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2016;50(1):22-31. doi: 10.3944/AOTT.2016.14.0283. PMID: 26854045.
  43. Gürpınar T, Polat B, Polat AE, Çarkçı E, Öztürkmen Y. Diagnostic Accuracy of Lever Sign Test in Acute, Chronic, and Postreconstructive ACL Injuries. *Biomed Res Int.* 2019 Jun 9;2019:3639693. doi: 10.1155/2019/3639693. PMID: 31281835; PMCID: PMC6590604.
  44. Diermeier T, Rothrauff BB, Engebretsen L, Lynch AD, Ayeni OR, Paterno MV, Xerogeanes JW, Fu FH, Karlsson J, Musahl V, Svantesson E, Hamrin Senorski E, Rauer T, Meredith SJ; Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group. Treatment after anterior cruciate ligament injury: Panther Symposium ACL Treatment Consensus Group. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020 Aug;28(8):2390-2402. doi: 10.1007/s00167-020-06012-6. Epub 2020 May 9. Erratum in: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2022 Mar;30(3):1126. doi: 10.1007/s00167-020-06280-2. PMID: 32388664; PMCID: PMC7524809.
  45. Lin KM, Boyle C, Marom N, Marx RG. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev.* 2020 Jun;28(2):41-48. doi: 10.1097/JSA.000000000000265. PMID: 32345925.
  46. Tay G.H., Warriar S.K., Marquis G. (2006). Indirect patella fractures following ACL reconstruction: A review. *Acta Orthop* 77:494-500.
  47. Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M, Mohsen Mir S, Etemadi Y. Comparison of functional outcome measures after ACL reconstruction in competitive soccer players: a randomized trial. *J Bone Joint Surg Am.* 2013 Jul 17;95(14):1271-7. doi: 10.2106/JBJS.L.00724. PMID: 23864175.
  48. Williams GN, Snyder-Mackler L, Barrance PJ, Axe MJ, Buchanan TS. Muscle and tendon morphology after reconstruction of the anterior cruciate ligament with autologous semitendinosus-gracilis graft. *J Bone Joint Surg Am.* 2004 Sep;86(9):1936-46. doi: 10.2106/00004623-200409000-00012. PMID: 15342756.
  49. Slone HS, Romine SE, Premkumar A, Xerogeanes JW. Quadriceps tendon autograft for anterior cruciate ligament reconstruction: a comprehensive review of current literature and systematic review of clinical results. *Arthroscopy.* 2015 Mar;31(3):541-54. doi: 10.1016/j.arthro.2014.11.010. Epub 2014 Dec 25. PMID: 25543249.
  50. Claes S, Verdonk P, Forsyth R, Bellemans J. The "ligamentization" process in anterior cruciate ligament reconstruction: what happens to the human graft? A systematic review of the literature. *Am J Sports Med.* 2011 Nov;39(11):2476-83. doi: 10.1177/0363546511402662. Epub 2011 Apr 22. PMID: 21515806.
  51. Scheffler SU, Schmidt T, Gangéy I, Dustmann M, Unterhauser F, Weiler A. Fresh-frozen free-tendon allografts versus autografts in anterior cruciate ligament

- reconstruction: delayed remodeling and inferior mechanical function during long-term healing in sheep. *Arthroscopy*. 2008 Apr;24(4):448-58. doi: 10.1016/j.arthro.2007.10.011. PMID: 18375278.
52. Ekdahl M, Wang JH, Ronga M, Fu FH. Graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008 Oct;16(10):935-47. doi: 10.1007/s00167-008-0584-0. Epub 2008 Jul 17. PMID: 18633596.
  53. Palazzolo A, Rosso F, Bonasia DE, Saccia F, Rossi R; Knee Committee SIGASCOT. Uncommon Complications after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Joints*. 2018 Nov 30;6(3):188-203. doi: 10.1055/s-0038-1675799. PMID: 30582108; PMCID: PMC6301892.
  54. Rousseau R, Labruyere C, Kajetanek C, Deschamps O, Makridis KG, Djian P. Complications After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Their Relation to the Type of Graft: A Prospective Study of 958 Cases. *Am J Sports Med*. 2019 Sep;47(11):2543-2549. doi: 10.1177/0363546519867913. Epub 2019 Aug 12. PMID: 31403824.
  55. Samitier G, Marcano AI, Alentorn-Geli E, Cugat R, Farmer KW, Moser MW. Failure of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arch Bone Jt Surg*. 2015 Oct;3(4):220-40. PMID: 26550585; PMCID: PMC4628627.
  56. Lepley AS, Lepley LK. Mechanisms of Arthrogenic Muscle Inhibition. *J Sport Rehabil*. 2021 Sep 1;31(6):707-716. doi: 10.1123/jsr.2020-0479. PMID: 34470911.
  57. Rice DA, McNair PJ, Lewis GN, Dalbeth N. The effects of joint aspiration and intra-articular corticosteroid injection on flexion reflex excitability, quadriceps strength and pain in individuals with knee synovitis: a prospective observational study. *Arthritis Res Ther*. 2015 Jul 28;17(1):191. doi: 10.1186/s13075-015-0711-5. PMID: 26215105; PMCID: PMC4517546.
  58. Reeves ND, Maffulli N. A case highlighting the influence of knee joint effusion on muscle inhibition and size. *Nat Clin Pract Rheumatol*. 2008 Mar;4(3):153-8. doi: 10.1038/ncprheum0709. PMID: 18227831.
  59. Sonnery-Cottet B, Saithna A, Quelard B, Daggett M, Borade A, Ouanezar H, Thaunat M, Blakeney WG. Arthrogenic muscle inhibition after ACL reconstruction: a scoping review of the efficacy of interventions. *Br J Sports Med*. 2019 Mar;53(5):289-298. doi: 10.1136/bjsports-2017-098401. Epub 2018 Sep 7. Erratum in: *Br J Sports Med*. 2019 Dec;53(23):e8. doi: 10.1136/bjsports-2017-098401corr1. PMID: 30194224; PMCID: PMC6579490.
  60. Hart JM, Kuenze CM, Diduch DR, Ingersoll CD. Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train*. 2014 Nov-Dec;49(6):733-9. doi: 10.4085/1062-6050-49.3.39. PMID: 25299442; PMCID: PMC4264644.
  61. Culvenor AG, Girdwood MA, Juhl CB, Patterson BE, Haberfield MJ, Holm PM, Bricca A, Whittaker JL, Roos EM, Crossley KM. Rehabilitation after anterior cruciate ligament and meniscal injuries: a best-evidence synthesis of systematic reviews for the OPTIKNEE consensus. *Br J Sports Med*. 2022 Dec;56(24):1445-1453. doi: 10.1136/bjsports-2022-105495. Epub 2022 Jun 29. PMID: 35768181; PMCID:

62. Filbay SR, Grindem H. Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Feb;33(1):33-47. doi: 10.1016/j.berh.2019.01.018. Epub 2019 Feb 21. PMID: 31431274; PMCID: PMC6723618.
63. Legamento Crociato Anteriore, Fisioscience, pag. 476 fig. 137.
64. van Melick N, van Cingel RE, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W, Nijhuis-van der Sanden MW. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med*. 2016 Dec;50(24):1506-1515. doi: 10.1136/bjsports-2015-095898. Epub 2016 Aug 18. PMID: 27539507.
65. Adams D, Logerstedt DS, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012 Jul;42(7):601-14. doi: 10.2519/jospt.2012.3871. Epub 2012 Mar 8. PMID: 22402434; PMCID: PMC3576892.
66. Luo, Z.; Zhang, X.; Wang, J.; Yang, Y.; Xu, Y.; Fu, W. Changes in Ground Reaction Forces, Joint Mechanics, and Stiffness during Treadmill Running to Fatigue. *Appl. Sci.* **2019**, *9*, 5493. <https://doi.org/10.3390/app9245493>
67. Ardern CL, Glasgow P, Schneiders A, Witvrouw E, Clarsen B, Cools A, Gojanovic B, Griffin S, Khan KM, Moksnes H, Mutch SA, Phillips N, Reurink G, Sadler R, Silbernagel KG, Thorborg K, Wangensteen A, Wilk KE, Bizzini M. 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy, Bern. *Br J Sports Med*. 2016 Jul;50(14):853-64. doi: 10.1136/bjsports-2016-096278. Epub 2016 May 25. PMID: 27226389.
68. Beischer S, Gustavsson L, Senorski EH, Karlsson J, Thomeé C, Samuelsson K, Thomeé R. Young Athletes Who Return to Sport Before 9 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Have a Rate of New Injury 7 Times That of Those Who Delay Return. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020 Feb;50(2):83-90. doi: 10.2519/jospt.2020.9071. Erratum in: *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020 Jul;50(7):411. doi: 10.2519/jospt.2020.50.7.411. PMID: 32005095.
69. Andrade R, Pereira R, van Cingel R, Staal JB, Espregueira-Mendes J. How should clinicians rehabilitate patients after ACL reconstruction? A systematic review of clinical practice guidelines (CPGs) with a focus on quality appraisal (AGREE II). *Br J Sports Med*. 2020 May;54(9):512-519. doi: 10.1136/bjsports-2018-100310. Epub 2019 Jun 7. PMID: 31175108.
70. Ebert JR, Edwards P, Yi L, Joss B, Ackland T, Carey-Smith R, Buelow JU, Hewitt B. Strength and functional symmetry is associated with post-operative rehabilitation in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2018 Aug;26(8):2353-2361. doi: 10.1007/s00167-017-4712-6. Epub 2017 Sep 15. PMID: 28916871.
71. Tajima T, Yamaguchi N, Nagasawa M, Morita Y, Nakamura Y, Chosa E. Early weight-bearing after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring grafts induce femoral bone tunnel enlargement: a prospective clinical and

- radiographic study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 Jun 4;20(1):274. doi: 10.1186/s12891-019-2653-6. PMID: 31159789; PMCID: PMC6547478.
72. Slater LV, Hart JM, Kelly AR, Kuenze CM. Progressive Changes in Walking Kinematics and Kinetics After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction: A Review and Meta-Analysis. *J Athl Train*. 2017 Sep;52(9):847-860. doi: 10.4085/1062-6050-52.6.06. PMID: 28985125; PMCID: PMC5634233.
  73. Gokeler A, Dingenen B, Hewett TE. Rehabilitation and Return to Sport Testing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Where Are We in 2022? *Arthrosc Sports Med Rehabil*. 2022 Jan 28;4(1):e77-e82. doi: 10.1016/j.asmr.2021.10.025. PMID: 35141539; PMCID: PMC8811523.
  74. Wellsandt E, Khandha A, Capin J, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Operative and nonoperative management of anterior cruciate ligament injury: Differences in gait biomechanics at 5 years. *J Orthop Res*. 2020 Dec;38(12):2675-2684. doi: 10.1002/jor.24652. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32159239; PMCID: PMC7808330.
  75. Bousquet BA, O'Brien L, Singleton S, Beggs M. POST-OPERATIVE CRITERION BASED REHABILITATION OF ACL REPAIRS: A CLINICAL COMMENTARY. *Int J Sports Phys Ther*. 2018 Apr;13(2):293-305. PMID: 30090687; PMCID: PMC6063063.
  76. Peebles LA, O'Brien LT, Dekker TJ, Kennedy MI, Akamefula R, Provencher MT. The Warrior Athlete Part 2-Return to Duty in the US Military: Advancing ACL Rehabilitation in the Tactical Athlete. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2019 Sep;27(3):e12-e24. doi: 10.1097/JSA.0000000000000237. PMID: 31361718.
  77. Larson D, Vu V, Ness BM, Wellsandt E, Morrison S. A Multi-Systems Approach to Human Movement after ACL Reconstruction: The Musculoskeletal System. *Int J Sports Phys Ther*. 2021 Dec 1;17(1):27-46. doi: 10.26603/001c.29456. PMID: 35237463; PMCID: PMC8856762.
  78. Jewiss D, Ostman C, Smart N. Open versus Closed Kinetic Chain Exercises following an Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Sports Med (Hindawi Publ Corp)*. 2017;2017:4721548. doi: 10.1155/2017/4721548. Epub 2017 Aug 17. PMID: 28913413; PMCID: PMC5585614.
  79. Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, Camarini PM, Scodeller NF, Duarte A Jr, Martinelli M, Bryk FF. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med*. 2013 Apr;41(4):788-94. doi: 10.1177/0363546513476482. Epub 2013 Feb 19. PMID: 23423316.
  80. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, Andrews JR. Anterior cruciate ligament strain and tensile forces for weight-bearing and non-weight-bearing exercises: a guide to exercise selection. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012 Mar;42(3):208-20. doi: 10.2519/jospt.2012.3768. Epub 2012 Feb 29. PMID: 22387600.
  81. Cavanaugh JT, Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2017 Sep;10(3):289-296. doi: 10.1007/s12178-017-9426-3. PMID: 28791612; PMCID: PMC5577427.

82. Rambaud AJM, Ardern CL, Thoreux P, Regnaud JP, Edouard P. Criteria for return to running after anterior cruciate ligament reconstruction: a scoping review. *Br J Sports Med.* 2018 Nov;52(22):1437-1444. doi: 10.1136/bjsports-2017-098602. Epub 2018 May 2. PMID: 29720478.
83. Pairot de Fontenay B, Van Cant J, Gokeler A, Roy JS. Reintroduction of Running After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With a Hamstrings Graft: Can We Predict Short-Term Success? *J Athl Train.* 2022 Jun 1;57(6):540-546. doi: 10.4085/1062-6050-0407.21. PMID: 34623431; PMCID: PMC9387380.
84. Buckthorpe M, Della Villa F. Optimising the 'Mid-Stage' Training and Testing Process After ACL Reconstruction. *Sports Med.* 2020 Apr;50(4):657-678. doi: 10.1007/s40279-019-01222-6. PMID: 31782065.
85. Higbie S, Kleihege J, Duncan B, Lowe WR, Bailey L. Utilizing Hip Abduction Strength to Body-Weight Ratios in Return to Sport Decision-Making After ACL Reconstruction. *Int J Sports Phys Ther.* 2021 Oct 1;16(5):1295-1301. doi: 10.26603/001c.27346. PMID: 34631250; PMCID: PMC8486405.
86. Monticone M, Ferrante S, Salvaderi S, Rocca B, Totti V, Foti C, Roi GS. Development of the Italian version of the knee injury and osteoarthritis outcome score for patients with knee injuries: cross-cultural adaptation, dimensionality, reliability, and validity. *Osteoarthritis Cartilage.* 2012 Apr;20(4):330-5.)
87. (Collins NJ, Prinsen CA, Christensen R, Bartels EM, Terwee CB, Roos EM. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): systematic review and meta-analysis of measurement properties. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016 Aug;24(8):1317-29.)
88. (Roos EM, Lohmander LS. The Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health Qual Life Outcomes.* 2003 Nov 3;1:64.)
89. Piussi R, Simonson R, Zsidai B, Grassi A, Karlsson J, Della Villa F, Samuelsson K, Senorski EH. Better Safe Than Sorry? A Systematic Review with Meta-analysis on Time to Return to Sport After ACL Reconstruction as a Risk Factor for Second ACL Injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2024 Mar;54(3):161-175. doi: 10.2519/jospt.2023.11977. Erratum in: *J Orthop Sports Phys Ther.* 2024 Oct;54(10):679. doi: 10.2519/jospt.2024.54.10.679. PMID: 38032099.
90. Webster KE, Feller JA. A research update on the state of play for return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Traumatol.* 2019 Jan 28;20(1):10. doi: 10.1186/s10195-018-0516-9. PMID: 30689073; PMCID: PMC6890902.
91. Bodkin SG. Time to Reflect on Return to Sport Timing Following ACL Reconstruction. *Sports Med.* 2024 Jul;54(7):1749-1754. doi: 10.1007/s40279-024-02017-0. Epub 2024 Mar 30. PMID: 38554249.
92. Cronström A, Tengman E, Häger CK. Return to Sports: A Risky Business? A Systematic Review with Meta-Analysis of Risk Factors for Graft Rupture Following ACL Reconstruction. *Sports Med.* 2023 Jan;53(1):91-110. doi: 10.1007/s40279-022-01747-3. Epub 2022 Aug 24. PMID: 36001289; PMCID:

## RINGRAZIAMENTI

Sono in sincera difficoltà. Vorrei ringraziare tutti coloro che mi hanno supportato in questi anni, ma non arriverò mai a nominarvi tutti.

Al Trio Medusa, poi diventato Quartetto Cetra. A Davide, Andrea e Matteo. Non sarei arrivato fin qui senza di voi. Vi devo tantissimo, siete delle persone meravigliose e degli amici speciali. A tutte le lezioni passate insieme, ai tirocini, a tutto quello che condividiamo, e che spero divideremo in futuro. Vi ringrazio per tutto quello che avete fatto per me.

Ai Figli del bove, a Tigro, Gianmarco, Veronica, Alex; a chi c'è da sempre, e sempre rimarrà.

Ai compagni di corso, avventurieri con me di questo percorso. Vi auguro ogni bene, e vi ringrazio del supporto che mi avete dato.

Ai fisioterapisti e medici incontrati nel percorso dei tre anni, vi ringrazio della vostra disponibilità e volontà di condividere le vostre conoscenze.

A Rocco, Oletta e Lorian, mia relatrice, grazie per avermi supportato in questi tre anni. Sono stati tanto lunghi, quanto intensi, ma siete riusciti a farmi appassionare al mestiere più bello del mondo, e questo lo devo principalmente a voi, alle vostre conoscenze, alla vostra disponibilità e al vostro modo splendido di porvi nei confronti dei ragazzi.

A Simone, che mi ha indirizzato nello sport e mi ha preso sotto la sua ala. Grazie per aver avuto fiducia in me e per avermi svezzato al mondo lavorativo. Porterò per sempre con me i due anni passati insieme.

A Simone, il protagonista di questa tesi, ad Alessandro, a Tommy, e a tutti i ragazzi che ho incontrato in questi anni. Vi ringrazio della fiducia che mi avete dato continuamente.

Un grazie va anche ai miei parenti, ai tutti gli amici che non ho nominato, e a tutti quelli che mi sono stati vicino durante le difficoltà.

A Paola, Matteo e Lory, ai nonni. Non è mai stato scontato quello che avete fatto per me, e non finirò mai di ringraziarvi abbastanza per tutto. Grazie per avermi sempre accolto a braccia aperte.

A Mamma ed Enri. Al nostro rapporto indissolubile. Grazie per avermi dato tutto, e per farmi essere la persona che sono oggi. Siete le mie radici.

A Francesca. Colei che mi ha preso per mano e mi ha convinto a continuare questo corso di studi, che cercava di programmare gli esami per spronarmi a dare di più, che mi ha spinto a migliorarmi sempre. Se potessi, scriverei altri 15 righe, ma non posso. Qui voglio dirti che senza di te non ce l'avrei mai fatta. Non sarei riuscito ad andare avanti. Probabilmente sarei fermo a due anni fa, e non avrei mai scritto queste righe. E ho sempre pensato, e niente me lo toglie dalla testa, che c'è un motivo se c'eri tu in quello viaggio in treno con me.

Una dedica voglio farla a me. Bravo. Perché i sacrifici fatti in questi anni sono stati veramente tanti, e sono fiero di quello che ho portato a termine. Mi ero promesso un obiettivo due anni fa, e sono riuscito a completarlo.

E questo è solo uno dei miei primi traguardi raggiunti. Spero di raggiungerne altri, così da coronare l'obiettivo più grande: renderti fiero di me.

Che ne pensi, papi?