

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO**  
FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA

**STUDIO SPERIMENTALE:TECARTERAPIA.  
CONFRONTO TRA DUE SERIE CONTINUE  
DI GIOVANI SPORTIVI  
SOTTOPOSTI A RICOSTRUZIONE  
DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE.**

Relatore: Chiar.mo Prof. Cesare VERDOIA  
Correlatore: Dott. Pierfilippo BOTTIGLIA AMICI-GROSSI

Tesi di laurea di:  
Eleonora Paola FUSI  
Matr. 609282

Anno Accademico 2004-2005

# Indice

## 1- Introduzione

- 1.1 Anatomia funzionale del ginocchio.....pag. 2
- 1.2 Biomeccanica del legamento crociato anteriore.....pag.16
- 1.3 Trattamento chirurgico del legamento crociato anteriore.....pag.20
- 1.4 Terapia riabilitativa.....pag.24
- 1.5 Tecarterapia.....pag.30

## 2- Scopo della tesi.....pag.44

## 3- Materiali.....pag.45

## 4- Metodi.....pag.52

## 5- Risultati.....pag.63

## 6- Discussione.....pag.74

## 7- Conclusione.....pag.79

## 8-Bibliografia.....pag.82

# 1-Introduzione

## 1.1 Anatomia funzionale del ginocchio

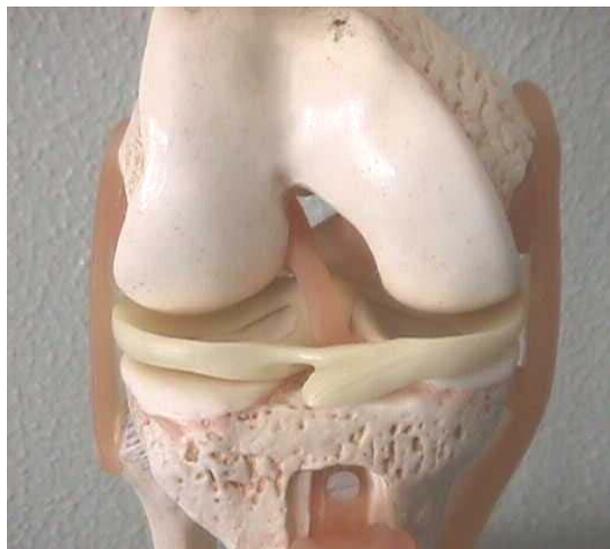
Il ginocchio è l'articolazione intermedia dell'arto inferiore, la più complessa tra le articolazioni sinoviali presenti nel corpo umano.

La funzione meccanica del ginocchio è di consentire il movimento dei segmenti ossei sotto carichi funzionali durante la deambulazione, nella corsa, nella salita e discesa delle scale, e di modulare la trasmissione dei diversi carichi.

L'articolazione deve essere valutata attraverso la descrizione delle parti strutturali che la compongono, ovvero: strutture portanti (capi ossei), strutture di fissazione (capsula e legamenti), strutture di trasferimento (menischi), strutture stabilizzatrici cinetiche (muscoli) e strutture di controllo (propriocettori).



Articolazione del ginocchio vista dal dietro



Articolazione del ginocchio vista dal davanti.

## **Strutture portanti**

Il ginocchio è un'artrosi di tipo trocleare composta da tre articolazioni: due vere (tibiofemorale e tibioperoneale) e una funzionale (femororotulea).

Le superfici articolari del ginocchio, sono date da porzioni articolari convesse dei due condili femorali, superfici quasi piane dei condili tibiali e faccette rotulee posteriori.

L'estremità distale del femore termina in due condili arrotondati e voluminosi, detti condilo mediale e condilo laterale, che posteriormente formano due sporgenze convesse e allungate.

Al centro dei condili vi è una superficie concava, simile ad una puleggia, in cui possiamo riconoscere la troclea femorale anteriormente e la fossa intercondiloidea posteriormente.

Analizzando il profilo dei condili si evidenzia un raggio di curvatura non costante, ma che aumenta dal dietro in avanti dando forma ad una spirale.

Sulle superfici mediale del condilo interno e laterale del condilo esterno si notano due salienze, dette rispettivamente epicondilo mediale ed epicondilo laterale, dove trovano inserzione alcune strutture muscolari e legamentose.

In corrispondenza dei condili, all'estremità prossimale della tibia, si sviluppano due superfici che, insieme ai menischi, si adattano alle estremità femorali; si tratta dei piatti tibiali interno ed esterno, detti anche glena interna e glena esterna.

Mentre il condilo femorale interno è discretamente stabile sulla glena, quello esterno si trova in equilibrio instabile rispetto alla glena e deve la sua stabilità unicamente all'integrità del legamento crociato anteriore.

I menischi servono a sopperire gli squilibri e a ripristinare la discordanza esistente tra i condili e le glene corrispondenti.

Anteriormente a livello dell'articolazione tra femore e tibia, fissata a quest'ultima attraverso il tendine rotuleo, si trova la rotula o patella, che durante la flessione e l'estensione scivola nello spazio formato dalla troclea femorale e dalla superficie intercondiloidea, consentendo così ai muscoli estensori di trasmettere la propria azione alla gamba.

Sul bordo superiore della rotula si inserisce il tendine del muscolo quadricipite.

## **Strutture di fissazione**

Le strutture di fissazione sono rappresentate dalla capsula articolare e dall'apparato estensore rotuleo.

La capsula articolare è una guaina fibrosa che avvolge il ginocchio, contiene il liquido sinoviale e svolge anche una funzione stabilizzatrice, grazie ai suoi ispessimenti legamentosi, i legamenti capsulari.

Ricoperta al suo interno dalla membrana sinoviale, risulta essere molto lassa anteriormente per permettere una maggior ampiezza di movimento in flessione e, di conseguenza, in estensione forma delle pieghe al di sopra e ai lati della rotula.

L'apparato estensore rotuleo è formato essenzialmente dal tendine del quadricipite, dal legamento rotuleo (tendine patellare) e dalla rotula su cui si inseriscono i due precedenti elementi.

La rotula (46 x 36mm) (1) si inserisce in alto nel tendine del quadricipite e in basso si inserisce attraverso il tendine rotuleo sulla tuberosità tibiale, consentendo così una migliore contenzione dei capi ossei e la stabilizzazione dell'articolazione del ginocchio.

Durante la flessione ed estensione, la rotula ha la fondamentale funzione di proteggere il tendine del quadricipite, che è sottoposto a notevoli sollecitazioni.

La rotula è vincolata ai condili femorali attraverso il legamento adiposo e i legamenti alari; ai menischi attraverso le ali meniscorotulee; non è stabile lateralmente ed è quindi provvista di strutture che le permettono di avere una maggiore stabilità laterale.

I legamenti popliteo arcuato e obliquo sono elementi fibrosi che rinforzano posteriormente la capsula articolare.

In tal modo insieme ai legamenti collaterali e ai crociati permettono la stazione eretta anche senza l'intervento stabilizzatore del quadricipite (2).

I legamenti collaterali mediale e laterale rinforzano la capsula articolare, assicurando principalmente la stabilità esterna del ginocchio durante l'estensione.

Il legamento collaterale mediale si inserisce sulla tuberosità dell'epicondilo mediale del femore e sulla faccia superiore della tibia dietro alla zona di inserzione dei muscoli della zampa d'oca; la sua direzione è obliqua in basso e in avanti. Questo legamento è distinto in un fascio superficiale anteriore ed in uno profondo posteriore (3).

Il legamento collaterale laterale si estende, invece, dalla faccia esterna dell'epicondilo laterale del femore alla parte anteriore della testa del perone,

rimanendo distinto dalla capsula lungo tutto il suo decorso; la sua direzione è obliqua in dietro e in basso.

La funzione è quella di stabilizzare lateralmente il ginocchio, impedendone il basculamento. In tal modo svolge anche un ruolo fondamentale nella stabilità rotatoria del ginocchio.

I legamenti crociati anteriore e posteriore si incrociano al centro dell'articolazione a livello della fossa intercondiloidea; essi sono esterni alla capsula articolare.

Il legamento crociato posteriore è fissato alla parte posteriore della superficie laterale del condilo femorale mediale e, al pari del legamento crociato anteriore, questa sua inserzione prossimale si configura come un arco di cerchio.

Nel suo decorso ha una direzione orizzontale; il confine superiore dell'inserzione è rettilineo, mentre quello inferiore è convesso.

Il legamento crociato posteriore ha una lunghezza media di 13 mm, è più ristretto nella sua porzione media, aprendosi a ventaglio con una estensione maggiore superiormente che inferiormente.

Le fibre che costituiscono il legamento si inseriscono con una direzione lateromediale sulla tibia e con una direzione anteroposteriore sul femore. L'inserzione tibiale ha luogo in un avvallamento situato posteriormente alla superficie superiore intrarticolare della tibia e si estende per alcuni millimetri sull'adiacente superficie posteriore dell'osso. Poco al di sopra della sua inserzione tibiale, si diparte un piccolo fascio che si fonde con il corno posteriore del menisco laterale.

Il pivot centrale della biomeccanica dell'articolazione del ginocchio è il legamento crociato anteriore (LCA) (4).

Il legamento crociato anteriore prende origine dalla superficie posterolaterale del condilo mediale del femore, in prossimità della superficie articolare, in un'area di forma ellittico-ovalare del diametro di 14-16 mm.

Esso va poi a terminare nella fossa anterolaterale della spina intercondiloidea con una base di impianto di 17 mm di lunghezza e 11 mm di larghezza, posta tra l'inserzione del menisco mediale in avanti e quella del menisco laterale in dietro. Le basi di impianto sono più larghe a livello della parte mediale, determinando nel decorso obliquo del legamento, in senso anteromediale, un tipico aspetto spiraliforme.

La lunghezza osso-osso del legamento crociato anteriore è variabile da 31 a 39 mm (5) ed il calibro medio è di 11 mm.

Il rapido cambiamento dal tessuto legamentoso flessibile a quello rigido dell'osso è mediato da una zona di transizione di fibrocartilagine mineralizzata: ecco perché la giunzione ossea non sembra contribuire alla vascolarizzazione del legamento.

Questa modifica della macrostruttura, dal legamento all'osso, consente un graduale cambiamento della rigidità ed evita tensioni concentrate al sito di inserzione.

Il legamento è costituito da fibre collagene organizzate elicoidalmente (6,7); nel legamento sono contenute anche elastina e reticolina, che consentono una certa resistenza alle forze di allungamento (8).

I vasi sinoviali si ramificano a formare una rete mirabile di vasi perilegamentosi che avvolgono l'intero legamento.

Questi vasi danno origine ad un sistema di branche di connessione più piccole che penetrano trasversalmente nel legamento e si anastomizzano con una rete di vasi endolegamentosi.

Il legamento crociato anteriore è vascolarizzato da branche dell'arteria genicolata media che decorrono nel tessuto connettivo lasso e nella membrana sinoviale, irrorando soprattutto le porzioni prossimali e distali.

Il legamento crociato posteriore possiede una ricchissima vascolarizzazione, grazie soprattutto a due rami dell'arteria articolare media (ramo dell'arteria poplitea), che danno luogo ad una doppia rete, una femorale e una tibiale.

L'innervazione è costituita da terminazioni nervose di tipo afferente, i propriocettori.

Le terminazioni libere sono le più numerose e variamente distribuite lungo l'asse del legamento (9). Secondo alcuni autori (9,10), il maggior contenuto è a livello del terzo prossimale, mentre secondo altri (11), è a livello del terzo distale del legamento crociato anteriore.

La funzione fondamentale dei crociati è quella di mantenere sempre a contatto le superfici articolari durante i movimenti a cerniera e di evitare gli spostamenti anteroposteriori delle superfici articolari, soprattutto nella posizione più instabile di flessione.

### **Strutture di scorrimento**

Sono di fondamentale importanza perché compensano la discordanza dovuta alla differenza dei raggi di curvatura dei condili femorali e del piatto tibiale. In tal modo agevolano il movimento reciproco dei capi articolari, rendendo più scorrevoli le superfici.

Inoltre agiscono come ammortizzatori degli urti e delle pressioni (12) che interessano l'articolazione del ginocchio durante i movimenti in carico.

I menischi articolari sono due anelli fibrocartilaginei, che presentano tre facce: superiore a contatto con i condili femorali, esterna su cui si fissa la capsula e inferiore a contatto con le superfici esterne della glena interna ed esterna.

Le differenze tra i due menischi riguardano la forma e i loro rapporti con le altre strutture.

Il menisco mediale (12) è a forma di C e le sue estremità, i “corni”, sono ben separate l’una dall’altra. Ha importanti connessioni con il legamento collaterale mediale, che si fissa sul bordo interno, e con il tendine del semimembranoso.

Il legamento crociato anteriore si fissa sul corno anteriore del menisco mediale.

Il menisco laterale (12) invece ha la forma di un anello quasi completo e le sue inserzioni sono molto vicine l’una all’altra in quanto si fissano davanti e dietro alla spina tibiale laterale. Le sue connessioni più importanti sono con il legamento collaterale laterale.

Grazie alla loro forma ed alle proprietà elastiche i menischi compensano la non perfetta corrispondenza geometrica tra i condili femorali ed il piatto tibiale; infatti la loro principale funzione è quella di rendere più estesa la zona di contatto fra i capi articolari, senza dimenticare l’integrazione plastica che offrono alla cavità glenoidea.

La membrana sinoviale che è riccamente vascolarizzata dall’arteria genicolata media e dall’arteria genicolata inferiore, consente la nutrizione delle fibre legamentose.

Produce liquido sinoviale che lubrifica le superfici articolari, riducendo gli attriti.

Il corpo adiposo di Hoffa funge da cuscinetto ammortizzante tra la faccia posteriore della rotula e gola intercondiloidea.

## **Strutture stabilizzatrici cinetiche**

Quando i legamenti sono sottoposti a carichi eccessivi le strutture muscolari intervengono, attraverso un riflesso neuromuscolare, per avvicinare e compattare le superfici articolari, in modo da proteggere le parti molli da eventuali lesioni.

Senza questa azione di protezione da parte delle strutture muscolari i legamenti sarebbero relativamente deboli e potrebbero rompersi.

Quando il ginocchio è in appoggio monopodalico e in flessione, la stabilità viene garantita da diversi gruppi muscolari: essi sono rappresentati dai muscoli estensori e flessori, che sono anche intrarotatori ed extrarotatori.

Gli estensori sono rappresentati dal quadricipite femorale che è il più grande e potente muscolo del corpo essendo antigravitario. Infatti per contrastare la forza di gravità deve svolgere un notevole lavoro, pari a tre volte quello dei flessori.

È costituito da quattro capi muscolari: il retto femorale che forma il piano più superficiale, i vasti laterale e mediale che costituiscono il piano medio e ricoprono il vasto intermedio che è posto nel piano più profondo.

Questi quattro muscoli, separati alla loro origine, convergono inferiormente in un robusto tendine che si inserisce in parte nella base della rotula ed in parte la scavalca per formare il tendine rotuleo, che si fissa sulla tuberosità anteriore della tibia.

Il muscolo quadricipite rappresenta il sistema stabilizzatore nella flessione, in quanto si oppone alla rotazione esterna della tibia sul femore e contribuisce alla coaptazione delle superfici articolari.

I flessori del ginocchio, contenuti nella loggia della coscia posteriore, sono i cosiddetti “ischio-crurali” perché originano dall’ischio e si dirigono verso il ginocchio. Essi vanno ad inserirsi sulla superficie mediale e laterale del piatto tibiale e per questo svolgono anche azione rotatoria.

Si distinguono così due gruppi di muscoli, gli intrarotatori, che sono i muscoli della zampa d’oca (retto interno o gracile, sartorio e semitendinoso) e il popliteo (13), e gli extrarotatori che sono il bicipite femorale e il tensore della fascia lata.

Tutti questi muscoli sono biarticolari eccetto due: il capo breve del bicipite ed il popliteo che sono monoarticolari.

I muscoli della zampa d’oca formano, con il muscolo semimembranoso, il sistema stabilizzatore della rotazione esterna e del valgismo. Il controllo della rotazione esterna aumenta con la flessione, mentre diminuisce l’azione varizzante.

Il muscolo popliteo avvia la rotazione interna della tibia sul femore, ma svolge anche un’azione antivarismo e di coaptazione femorotibiale esterna.

Il muscolo bicipite femorale, rotatore esterno e valgizzante, svolge un’azione di controllo della rotazione interna e del varismo. L’azione valgizzante avviene soprattutto negli ultimi gradi di estensione, mentre quella di rotazione esterna avviene dopo i 60° di flessione.

Il tensore della fascia lata agisce diversamente secondo il grado di flessione del ginocchio. In estensione funge da tirante esterno, esprimendo una forza valgizzante; in flessione, invece, svolge un’azione flessoria e di rotatore esterno, quando il suo punto di applicazione sul tubercolo di Gerdy si sposta all’indietro dell’asse di flessoestensione del ginocchio.

In generale i muscoli rotatori interni sono più potenti degli esterni.

## **Strutture di controllo**

L'innervazione è garantita dai rami del nervo otturatorio (14).

I movimenti sono guidati in ogni momento dalla propriocettività (9), ovvero dalla consapevolezza della posizione degli arti e delle altre parti del corpo nello spazio. Ciò è possibile per la presenza di terminazioni nervose libere o circondate da un involucro, i propriocettori. Essi servono ad informare i centri nervosi sulla posizione del corpo nello spazio, a condizionare il tono muscolare e la postura, a mantenere l'equilibrio e a coordinare l'attività dei gruppi muscolari. Sono dislocati nei muscoli (fusi neuromuscolari), nei tendini e nelle articolazioni (organi muscolo tendinei di Golgi) e nel labirinto (macule acustiche dell'utricolo e del sacculo).

I recettori a lento adattamento dei tendini, che continuano ad inviare potenziali d'azione per tutto il tempo per cui è mantenuta la trazione del tendine, o del labirinto, servono a dare costanti informazioni al sistema nervoso centrale perché questo ci consente di mantenere posizione, postura, equilibrio, coordinazione dei movimenti.

Recettori a rapido adattamento sono i corpuscoli di Pacini e i reticoli perifollicolari dei peli, che dopo la prima breve scarica di potenziali d'azione tacciono, anche se è mantenuta la sollecitazione.

Le terminazioni nervose libere sono essenzialmente di due tipi: plessi di fibre non mielinizzate e fibre terminali amieliniche.

I plessi di fibre non mielinizzate, di diametro variabile da 1 a 5  $\mu\text{m}$ , presenti nella capsula fibrosa, nei legamenti, nell'avventizia dei vasi e nel tessuto sottosinoviale; sono i nocicettori, probabilmente responsabili del sintomo "dolore" riferito dal 98% dei pazienti con lesione acuta del legamento crociato anteriore (10).

Le fibre terminali amieliniche, di diametro inferiore ad 1  $\mu\text{m}$ , sono presenti nelle arterie ed arteriole, con funzioni vasomotorie (10). Numerosi autori (10,11) hanno concluso, dopo una accurata mappatura, che la maggior parte di queste strutture si localizzano a livello del terzo medio e dell'inserzione femorale del legamento crociato anteriore.

I corpuscoli di Ruffini sono diffusi nel derma, nel sottocutaneo e nel tessuto connettivo di altre sedi quali legamenti e capsula articolare del ginocchio. Sono costituiti da una sottile fibra nervosa amielinica aggrovigliata a gomitolo e rivestita da una capsula perineurale incompleta. Sono recettori a basso reclutamento e lento adattamento e si pensa che si attivino per compressione.

I fusi neuromuscolari, sparsi in tutti i muscoli del nostro corpo, sono recettori lunghi e sottili che percepiscono lo stato di tensione. Sono costituiti da un piccolo numero di sottili fibre muscolari, con una capsula che circonda il terzo medio delle fibre. Queste fibre sono denominate fibre muscolari intrafusali.

Le fibre intrafusali, che sono multinucleate, appartengono a due gruppi differenti: fibre a catena di nuclei e fibre a sacchetto di nuclei. Nelle prime i nuclei sono allineati in singola fila, nelle seconde i nuclei sono disposti in un gruppo, gli uni vicini agli altri; in una regione nucleare più ampia.

Nei fusi neuromuscolari troviamo due tipi di terminazioni sensitive. Il primo tipo, denominato terminazione primaria, è formato da una sola grande fibra nervosa che entra nella capsula e poi si dirama, innervando singolarmente ogni fibra intrafusale di un determinato fuso. Il secondo tipo, denominato terminazione secondaria, è formato da fibre nervose più piccole ed in numero minore, che si suddividono ed innervano principalmente le fibre

a catene nucleari, disponendosi ad entrambe le estremità del luogo di attacco delle terminazioni primarie.

Le terminazioni primarie sono sensibili all'inizio dello stiramento muscolare e scaricano con intensità minore; le secondarie invece, sono meno sensibili all'inizio, ma scaricano con una frequenza che non diminuisce per tutto il tempo in cui lo stiramento viene mantenuto.

I fusi neuromuscolari ricevono anche una innervazione motoria attraverso i motoneuroni alfa, che innervano le fibre muscolari extrafusali, e attraverso i motoneuroni gamma.

Gli organi muscolotendinei di Golgi sono presenti nel punto di giunzione tra muscolo e tendine. Sono organizzati in fasci di fibre collagene, circondate da una sottile capsula. Sono recettori a lento adattamento, in quanto le fibre collagene non sono elastiche.

Sono in grado di monitorare in modo specifico la tensione generata dalla contrazione muscolare; attraverso di essi il sistema nervoso riesce a controllare l'attività motoria.

I corpuscoli di Pacini si trovano vicino all'inserzione della capsula, al menisco e al periostio. Assomigliano a quelli di Ruffini essendo costituiti da una sottile fibra nervosa amielinica arrotolata in cerchi concentrici e rivestita da una capsula perineurale completa. Sono recettori a basso reclutamento e rapido adattamento e si attivano per trazione.

## 1.2 Biomeccanica del legamento crociato anteriore

Per la sua particolare conformazione anatomica, l'articolazione del ginocchio, essendo poco congrua, possiede una grande mobilità ma una precaria stabilità. La stabilità articolare è garantita da due sistemi: uno passivo, rappresentato dalle strutture capsulolegamentose e dalla configurazione dei capi articolari, ed uno attivo, rappresentato dall'apparato muscolotendineo e propriocettivo.

I legamenti del ginocchio stabilizzano l'articolazione, consentendo vari gradi di movimento intorno a tre assi ortogonali. I legamenti, essendo costituiti da fibre parallele flessibili di collagene, sono capaci di sopportare solo stress tensili, quindi sono in grado di resistere solo a forze distrattive lungo il proprio asse, mentre il controllo delle rotazioni avviene per l'azione di almeno due strutture legamentose.

Questo compito è realizzato attraverso la peculiare disposizione anatomica dei legamenti all'interno e intorno al ginocchio, e dalla microarchitettura dei legamenti stessi. La lunghezza del legamento è quindi fondamentale nell'influenzare l'entità della lassità articolare e l'ampiezza del movimento. La stabilità attiva dipende dall'intervento delle strutture muscolari attraverso un riflesso neuromuscolare, che avvicina e compatta le superfici articolari, in modo da proteggere le parti molli da eventuali lesioni.

Senza questa azione i legamenti sono vulnerabili, soprattutto quando sono sottoposti a carichi eccessivi, come nell'appoggio monopodalico in flessione. Il movimento inoltre esercita un'azione di controllo del rotolamento e dello scivolamento della tibia e del femore.

La regolazione nei movimenti è affidata non solo alle proprietà tensoelastiche dei legamenti, ma anche alla presenza in essi dei meccanocettori. Questi contribuiscono alla stabilità funzionale dell'articolazione attraverso un controllo della rigidità muscolare e della posizione nello spazio dei segmenti degli arti inferiori (15).

Il legamento crociato anteriore del ginocchio svolge due importanti funzioni biomeccaniche interdipendenti tra loro: limitazione della traslazione anteriore della tibia rispetto al femore e facilitazione della corretta motilità articolare.

Esso inizia a formarsi nelle prime quattro settimane di gestazione ed è completo già alla sesta settimana.

Questo precoce sviluppo sembra influenzare il successivo movimento delle superfici articolari, che sono in grado di trasformare una semplice rotazione in un più complesso movimento di scivolamento-rotolamento.

Il sistema cinematico del legamento crociato anteriore contribuisce a definire il comportamento funzionale anche dei legamenti periferici; in particolare, nella rotazione interna, riesce ad aumentare le forze di compressione tra femore e tibia, incrementando così la stabilità passiva del ginocchio.

Il legamento crociato anteriore è sicuramente il pivot centrale della biomeccanica degli arti inferiori (4), in quanto assicura la stabilità anteroposteriore sul piano sagittale e rotatoria sul piano orizzontale, limitando soprattutto l'intrarotazione (16).

Le fibre raggiungono la torsione attorno al proprio asse, di circa 80°, solo a 45° di flessione (17).

Ciò è anche consentito dalla struttura multifascicolare a dimensione variabile delle fibre collagene; la distribuzione quindi delle fibre dipende dagli stress meccanici multiassiali.

I legamenti crociati costituiscono il fondamento della biomeccanica articolare del ginocchio. Essi hanno la funzione di un vero e proprio ingranaggio predisposto al rotolamento-scivolamento dei condili femorali sul piatto tibiale.

Il legamento crociato anteriore è una struttura multifascicolare le cui fibre, reclutate in modo selettivo tra  $0^\circ$  e  $120^\circ$ , hanno una tensione variabile con il grado di flessione del ginocchio (18).

Nell'estensione il legamento crociato anteriore appare come una banda appiattita, mentre la sua parte posterolaterale, risulta essere in tensione (19). Quasi subito dopo l'inizio della flessione il fascio anteromediale più piccolo si tende e il resto del legamento si rilaccia.

Nella flessione è la porzione anteromediale che funge da principale impedimento contro lo spostamento anteriore della tibia.

Il legamento crociato posteriore si compone di due parti non divisibili: una porzione anteriore, che costituisce la maggior parte del legamento, e una porzione posteriore che si dirige obliquamente verso la tibia.

I legamenti crociati presentano le loro inserzioni femorali su una linea che forma un angolo di  $40^\circ$  con l'asse longitudinale del femore. Questo consente la normale mobilità articolare di  $-5^\circ$  in iperestensione,  $0^\circ$  in estensione e  $145^\circ$  in massima flessione.

Se le inserzioni prossimali dei legamenti crociati si dovessero trovare ipoteticamente su una linea posta ad angolo retto con l'asse longitudinale del femore, l'articolazione avrebbe una motilità di 50° in iperestensione, 0° in estensione e soltanto di 70° in flessione.

Da questo è facile capire come i legamenti crociati agiscano nel limitare la flessione e nell'impedire l'iperestensione; più precisamente, il legamento crociato anteriore costituisce un freno all'iperestensione, mentre il legamento crociato posteriore si oppone alla dislocazione posteriore della tibia a ginocchio flesso, ma non all'iperestensione, purché il legamento crociato anteriore sia integro.

I legamenti crociati sono coinvolti anche nei movimenti di intra ed extrarotazione del ginocchio; infatti, se la tibia extraruota, i crociati si allontanano l'uno dall'altro e, verticalizzandosi, allentano la loro tensione.

Al contrario, durante l'intrarotazione, i crociati vengono a contatto con i loro bordi assiali, attorcigliandosi l'uno all'altro in modo tale da risultare accorciati o in tensione quando le superfici articolari della tibia e del femore vengono a contatto. La conoscenza della biomeccanica dei crociati è importante nella etiopatogenesi delle lesioni traumatiche.

## 1.3 Trattamento chirurgico del legamento crociato anteriore

Il cambiamento degli stili di vita della popolazione ha portato ad un aumento dei praticanti le attività sportive a tutte le età con un incremento dell'infortunistica specifica nell'ambito della traumatologia dello sport.

I traumi distorsivi del ginocchio con lesione dei legamenti crociati sono un'evenienza frequente in molti sport, rappresentano il 15-20% di tutte le lesioni da attività sportiva (20).

Il rischio di procurarsi lesioni al ginocchio durante lo sport è maggiore nelle donne (13%) rispetto agli uomini (10%) (20,21).

Nelle donne è significativo il rischio nello sci, nella ginnastica nella pallavolo e nel basket (20).

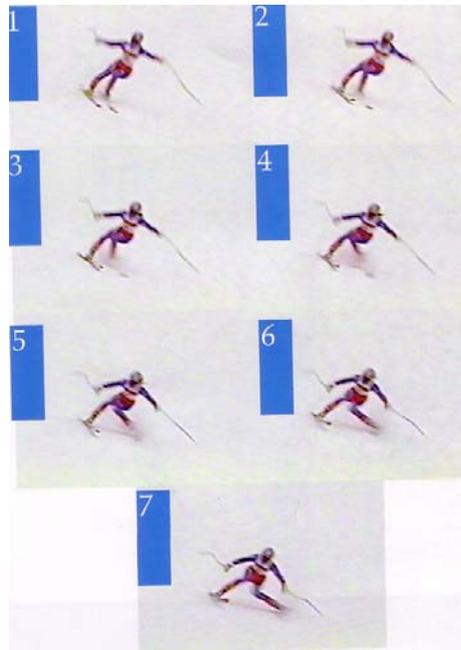
Gli sport in cui vi è maggior incidenza di lesioni ai crociati con percentuali simili in entrambi i sessi invece sono: hockey su ghiaccio, pallavolo, calcio, sci e basket (20).

La rottura del LCA può essere dovuta ad una valgo-rotazione esterna o interna della tibia con o senza iperestensione (22), meccanismo frequente e comune in molti sport come il calcio, il rugby, il basket (22,23).

Alcuni meccanismi traumatici che determinano una lesione capsulo-legamentosa di ginocchio con coinvolgimento del legamento crociato anteriore sono caratteristici dello sci. Fra questi abbiamo (24,25,26,27,28,29,30):

- **le lesioni prodottesi in seguito a caduta:** in tale situazione il ginocchio subisce una valgo-rotazione esterna oppure varo-rotazione interna, durante la quale viene superata la resistenza meccanica del ginocchio,

**-le lesioni prodottesi senza caduta:** è oggi più frequente negli sciatori di alto livello e determina la rottura isolata del LCA. Si parla di **“rottura da scarpone”**.



Attualmente la tendenza è di operare anche i soggetti in base alle loro esigenze agonistiche e alle loro motivazioni di tornare a praticare lo sport (31,32,33,34,35) e il trattamento chirurgico viene considerata la terapia d’elezione negli sportivi e nei giovani in genere (32,36,37,38,39,40,41,42,43,44).

Grazie all’avvento delle tecniche artroscopiche, la ricostruzione del legamento crociato anteriore è diventato un intervento molto frequente.

Il trattamento chirurgico più moderno per una lesione legamentosa centrale è la ricostruzione artroscopica con un innesto libero di tendine autologo.

I trapianti più comunemente usati possono essere dal tendine dei muscoli semitendinoso-gracile oppure dal tendine rotuleo (45) con annesso bratte ossee (rotulee e tibiali) per facilitarne la successiva fissazione ed osteo integrazione (46).

Studi recenti hanno mostrato un'uguale efficacia dei due tipi di intervento nel recupero funzionale dell'articolazione lesa del ginocchio (46,47,48).

La scelta tra le varie tecniche è legata alle esperienze e alle preferenze del chirurgo, all'età e alle attività lavorative dei pazienti, ai tipi di sport praticati con i relativi gesti atletici .

L'accesso cutaneo è longitudinale anteriore per il prelievo del terzo centrale del tendine rotuleo, sulla faccia antero-mediale della tibia all'altezza dell'espansione tendinea della zampa d'oca, per una lunghezza di circa 4-5 cm per il semitendinoso-gracile.

Il foro femorale ha un decorso nel condilo esterno e l'emergenza articolare è identica per entrambe le metodiche, con la sola differenza del diametro della fresa, proporzionato alla dimensione dell'innesto tendineo.

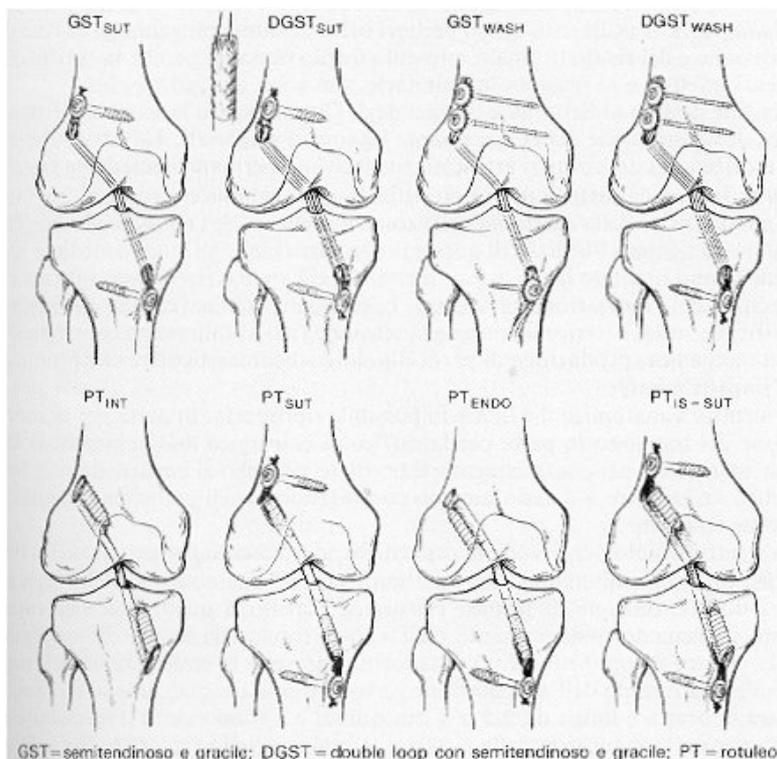
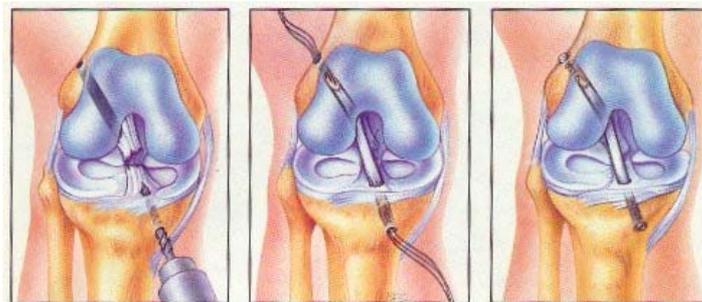
Entrambe le vie d'accesso alla tibia consentono un'agevole preparazione del tunnel tibiale.

Il tunnel femorale viene effettuato con la guida di un filo di Kirschner, attraverso il tunnel tibiale già preparato. Il trapianto viene fatto passare attraverso tunnels ossei (femorale e tibiale) e quindi posizionato nella sua sede anatomica e fissato saldamente alle 2 estremità con 2 viti o pin riassorbibili (49,50).

In ogni caso l'innesto tendineo, dopo essere stato trapiantato, va incontro ad un lento processo di rimodellamento o di "legamentizzazione" (51) che ne altera profondamente le caratteristiche biomeccaniche.

Infatti la capacità di resistenza al carico diminuisce dal momento del distacco; nelle successive settimane si assiste ad una sorta di necrosi cellulare all'interno del tendine stesso che culmina al terzo mese. Con il passare del tempo il trapianto viene rivascolarizzato e la capacità di resistenza al carico gradualmente aumenta riuscendo a raggiungere il 50% della robustezza di un legamento normale a distanza di un anno.

Attraverso la ricostruzione dell'LCA, oltre a ridare stabilità e funzionalità articolare, si protegge l'articolazione da una precoce e più veloce degenerazione artrosica che si manifesta invece nei pazienti con instabilità anteriore cronica (32,52,53,54,55,56,57,58).



## 1.4 Terapia riabilitativa

I protocolli di riabilitazione dopo ricostruzione del legamento crociato anteriore sono stati elaborati negli anni seguendo i progressi e le modificazioni delle tecniche chirurgiche ricostruttive adottate.

Nei primi anni '80, quando la fissazione del trapianto era ancora un problema irrisolto il protocollo riabilitativo prevedeva una immobilizzazione dell'arto per almeno sei settimane nella convinzione di un migliore attecchimento del tendine impiantato.

Erano quindi frequenti le complicanze legate all'immobilità prolungata:

- rigidità articolare con difficile recupero del range articolare fisiologico;
- grave ipotrofia della muscolatura.

Con il miglioramento dello strumentario artroscopico e delle tecniche di fissazione dell'innesto si è passati ad utilizzare protocolli aggressivi applicati indiscriminatamente che in molti casi portarono anche al fallimento del trapianto stesso.

Attualmente i protocolli riabilitativi prevedono una mobilizzazione precoce (1° gg. post-operatoria),

con l'utilizzo di tecniche che non producono forze dannose per il neo-legamento.

La mobilizzazione precoce è fondamentale (58) perché ha potuto ridurre complicanze quali la rigidità articolare, le gravi ipotrofie e favorisce i processi riparativi del neo-legamento.

Attualmente, anche se le tecniche utilizzate per la ricostruzione del legamento crociato anteriore sono differenti il programma rieducativo è sovrapponibile.

Obiettivi della riabilitazione sono:

- recupero della mobilità,
- recupero della forza mantenendo la stabilità del ginocchio e proteggendo l'innesto e il sito donatore.

Il programma si svolge in due fasi principali (59):

- fase pre-operatoria;
- fase post-operatoria.

#### **Fase pre-operatoria:**

la ricostruzione del legamento crociato anteriore dovrebbe essere rimandata fino a quando l'infiammazione, la tumefazione post-traumatica sono diminuite e finché non si è riacquistata una completa articularità e trofia della muscolatura ( in particolare del vasto mediale obliquo). Per raggiungere questi obiettivi è fondamentale iniziare precocemente la rieducazione dopo l'evento traumatico, soprattutto attraverso un programma di ginnastica isometrica del muscolo quadricipite.

#### **Fase post-operatoria:**

Gli obiettivi della rieducazione post-operatoria sono:

- A: riduzione dolore e flogosi;
- B: recupero articularità e movimento;
- C: ripresa della corretta deambulazione;
- D: recupero del tono-trofismo;
- E: recupero della propriocettività, coordinazione e quindi ripresa dell'attività sportiva.

- I-V settimana:** - riduzione dolore e flogosi;  
- recupero articularità e movimento;  
- ripresa della corretta deambulazione.

In queste prime settimane è fondamentale limitare il dolore e il versamento articolare, che sono le principali cause di inibizione muscolare riflessa e quindi di ipotrofia.

Utile:

-terapia farmacologica con FANS per facilitare un rapido assorbimento dell'edema e per il controllo del dolore.

-crioterapia ripetuta diverse volte al giorno per 20 minuti: ha effetto locale provocando vasocostrizione, riduce il versamento di liquidi, limita il rilascio di mediatori chimici del dolore, dell'infiammazione e dell'edema, inibisce la conduzione nervosa afferente riducendo il dolore.

-fin dalla 1° giornata post-operatoria i pazienti eseguono esercizi isometrici per il quadricipite per il recupero e mantenimento del tonotrofismo muscolare (60).

-esercizi isometrici di sollevamento dell'arto inferiore: gli esercizi devono essere eseguite con tutore bloccato a 0° per evitare sollecitazioni dannose al neo-legamento.

-esercizi di stretching dei flessori del ginocchio e dell'anca per prevenire le contratture dei flessori e recuperare l'estensione completa del ginocchio.

-mantenimento della fisiologica meccanica articolare della femoro-rotulea.

Durante questa prima fase verranno proposti esercizi a catena cinetica chiusa (61,62).

Gli esercizi a catena cinetica chiusa stimolano la contrazione muscolare coordinata, aumentano la stabilità e i carichi articolari:

- si riduce al minimo la traslazione anteriore della tibia sul femore,
- si riducono le forze di taglio a livello articolare
- si riduce la tensione sul LCA.

Gli esercizi di “accovacciamento” (squatting) (63) sembrano provocare stress tensionali a carico del fascio anteromediale del LCA, pari a quelli prodotti dagli esercizi catena cinetica aperta con resistenza posta alla caviglia, ed è pertanto consigliabile evitarli nelle prime settimane.

Deambulazione:

I pazienti possono camminare fin dalla prima giornata post-operatoria; il carico viene concesso con l’ausilio di bastoni canadesi secondo la tolleranza del paziente.

L’utilizzo degli ausili per la deambulazione è consigliato per ridurre al minimo gli effetti dannosi dati dalla perdita della coordinazione, della propriocettività e quindi per la presenza di schemi motori del cammino alterati.

I bastoni canadesi possono venire abbandonati gradualmente dalla seconda settimana, quando il paziente avrà raggiunto un discreto tono muscolare.

Controverso è l'utilizzo del tutore dopo l'intervento chirurgico:

La scelta sull'adozione del tutore sembra essere affidata più alla esperienza e all'abitudine del chirurgo che ad una valutazione scientifica della sua efficacia. Per la sua funzione meccanica di controllo/contenimento dell'escursione articolare, viene utilizzato soprattutto per evitare che il paziente involontariamente compia movimenti azzardati di iperestensione e flessioni forzate.

Molti chirurghi consigliano infatti l'utilizzo del tutore soprattutto durante il riposo notturno e durante la deambulazione, fino al recupero di un discreto tono muscolare.

Dopo la rimozione dei punti sutura e l'avvenuta guarigione delle ferite chirurgiche è utile iniziare, contemporaneamente al lavoro in palestra, la rieducazione in acqua.

Il lavoro in piscina (con il corpo immerso totalmente o parzialmente in acqua) è utile in quanto l'acqua:

- favorisce il rilassamento muscolare completo,
- riduce gli effetti della forza legata alla gravità.

#### **Utilizzo di macchine per la mobilizzazione continua passiva:**

Anche l'utilizzo di macchine per la mobilizzazione continua passiva è controverso.

-Il suo utilizzo non è ritenuto indispensabile, né più efficace: viene di solito riservato agli atleti, con sofferenza della cartilagine, che potrebbero risentire di una immobilizzazione prolungata;

-altri protocolli ne prevedono l'utilizzo ma solo dalla settima giornata perché una mobilitazione più precoce potrebbe provocare più facilmente emartro.

-secondo altri può essere utilizzato fin dalle prime giornate post-operatorie nei soggetti con ricostruzione del tendine con STG e non tendine rotuleo perché più facilmente legato ad emartro.

**VI- XII settimana:** recupero del tono-trofismo.

L'inizio di questa fase coincide con il raggiungimento di una completa articularità in flessione ed in estensione.

Il paziente inizia un potenziamento muscolare più intensivo aumentando il numero di ripetizioni degli esercizi proposti.

**XIII – XVI settimana:** recupero della propriocettività e coordinazione.

In questa fase si iniziano gli esercizi di:

-propriocezione / bilanciamento mono-bipodalico (anche tramite l'utilizzo di tavolette propriocettive o con sistemi computerizzate)

-recupero degli schemi del passo.

Quando il paziente ha recuperato l' 85% della forza dei flessori e del quadricipite rispetto all'arto sano può iniziare la corsa su superfici morbide.

**Dal IV mese:** ritorno alla normale attività e ripresa graduale dell'attività sportiva.

L'obiettivo di questa fase è il recupero completo della stabilità del ginocchio.

Vengono inseriti nel programma esercizi più complessi e specifici.

-corsa a cerchio,

-corsa a zig-zag,

-percorso con slalom,

-corsa con cambi di direzione,

-esercizi di agilità,

-salti.

## 1.5 TECARterapia (64)

La TECARterapia è una nuova forma di terapia che tende a riattivare i naturali processi riparativi e antinfiammatori evitando la proiezione di energia radiante dall'esterno.

L'acronimo TECAR definisce il “trasferimento energetico capacitivo e resistivo”.



E' un'apparecchiatura a radiofrequenza che proietta energia utilizzando un segnale di frequenza relativamente basso 0,5 MHz ( 500.000 Hz) , ma che realizza il trasferimento di energia mediante il passaggio di corrente elettrica per effetto capacitivo e/o resistivo.

L'azione terapeutica, grazie al principio di funzionamento, richiamando energia dall'interno delle biostrutture, presenta il vantaggio di attivare una microiperemia e una ipertermia endogene di carattere omogeneo sia in superficie che in profondità.

Per la prima volta è stato applicato al campo biologico il principio fisico del condensatore, ottenendo una tecnologia che permette di sollecitare i tessuti agendo dall'interno, senza inutili dissipazioni di energia.

Tre sono le caratteristiche innovative principali:

- 1- la cessione di energia biocompatibile, attiva sulle soglie energetiche del metabolismo cellulare e subcellulare;
- 2- la specificità di azione in base alla tipologia del tessuto (muscolare e/o fibroconnettivale) connessa alla duplice modalità tecnologica capacitiva e resistiva;
- 3- l'efficacia terapeutica anche sui tessuti poco reattivi per la loro natura fibrotica e resistente ai trattamenti.

## **L'energia e le modalità di trasferimento**

In fisica vengono considerati molti tipi di energia: ad esempio si parla di energia termica, energia cinetica, energia elettrica, energia elettromagnetica radiante, ecc.

Generalmente l'energia viene definita come la capacità delle forze fisiche a compiere un lavoro e si calcola come il prodotto della potenza (lavoro svolto in un secondo) per il tempo.

Anche il concetto di radioonda si associa a quello di energia, costituendo un metodo di trasferire energia nello spazio rispettivamente da un trasmettitore – emettitore verso un ricevitore.

Il trasferimento energetico tramite un segnale magnetoelettrico o elettromagnetico può avvenire in vari modi:

- per effetto antenna

- per proiezione

- per concatenamento di conduttori di prima o seconda specie con campo magnetoelettrico variabile (legge di Faraday)

- per contatto capacitivo e/o resistivo

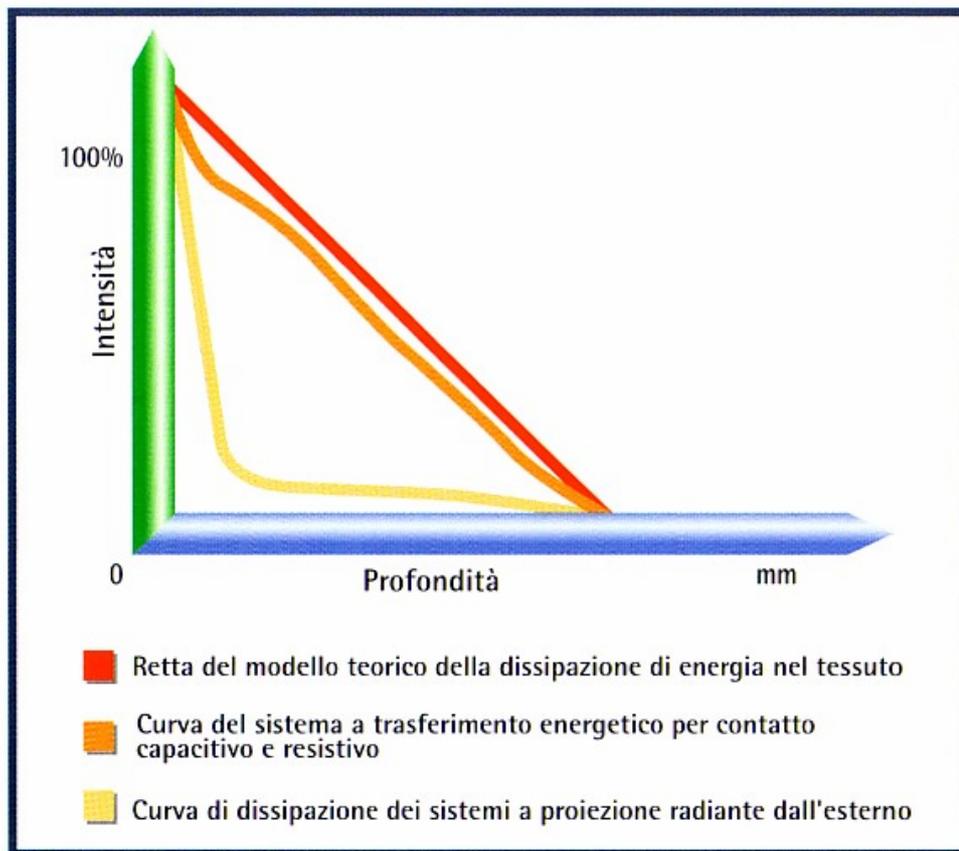
L'effetto antenna è tipico del modo di proiettare onde elettromagnetiche di frequenza superiore ai 10.000 Hz.

Se il campo magnetico è immerso in un conduttore di prima o seconda specie, elettricamente non collegato con ciò che genera il campo magnetico, si ha nel secondo conduttore una forza elettromagnetica indotta dalla semplice variazione del campo magnetico, detta forza sarà tanto più grande quanto più rapida è la variazione del campo magnetico stesso.

Il sistema TECAR non utilizza un campo magnetico per creare il generatore di corrente secondario all'interno della biostruttura, ma si basa sul principio del condensatore per attrarre o respingere alternativamente le cariche elettriche all'interno del tessuto biologico contrapposto all'elettrodo (corrente capacitiva di spostamento).

Ricordiamo che il CONDENSATORE è un particolare dispositivo elettrico costituito da due elementi conduttori affacciati e separati da uno strato isolante.

Grazie alla modalità tecnica con cui viene trasferita l'energia, la Tecar è caratterizzata da una curva di degrado dell'energia che deprime per un'efficacia terapeutica in grado di raggiungere anche i tessuti profondi.



Poiché in un conduttore è possibile accumulare più cariche rispetto a quelle normalmente presenti a causa dell'attrazione reciproca tra cariche di segno opposto, è possibile provocare un aumento della densità di carica in prossimità di ciascun elemento costituente il condensatore.

Perché il fenomeno avvenga è necessario che le due armature del condensatore siano collegate a un generatore elettrico di differenza di potenziale che ha il compito di rifornire di cariche le armature stesse.

Si stabilisce così una vera e propria corrente che nella fase di accumulo va dal generatore al condensatore.

Mano a mano che il condensatore accumula cariche, il flusso si riduce, fino ad annullarsi quando il condensatore è completamente caricato.

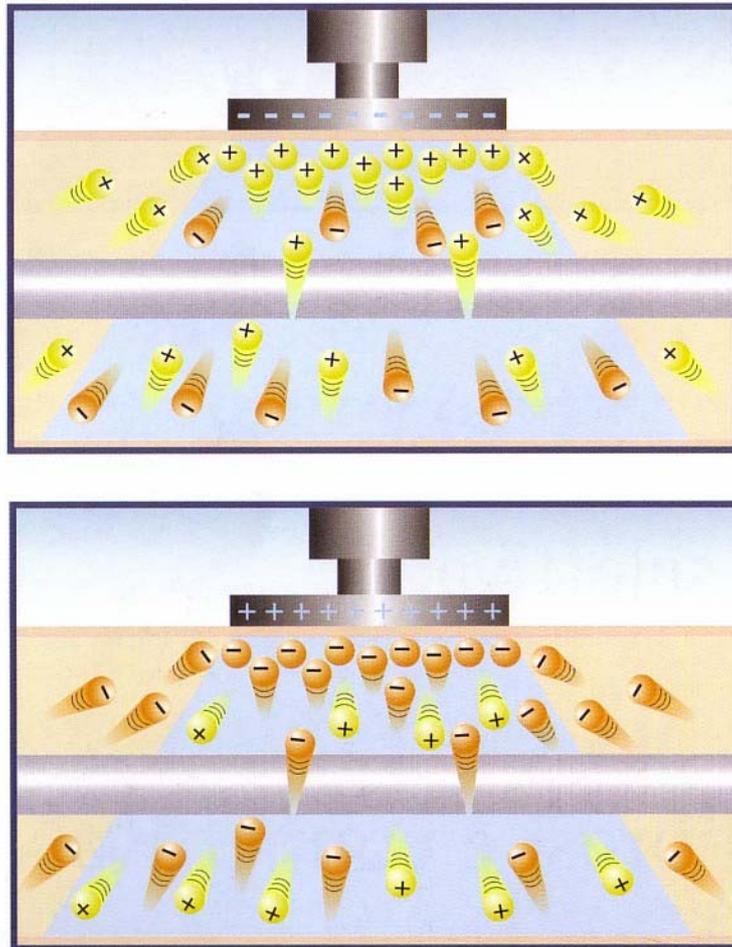
Dopo questa fase, se la polarità del generatore si inverte, si avrà una corrente in senso inverso che caricherà il condensatore con polarità opposta alla precedente.

Se il generatore inverte ciclicamente la polarità si avrà un flusso nei due sensi cioè una corrente alternata.

La corrente di carica di un condensatore per effetto dell'attrazione è definita di spostamento, in quanto è dovuta a un vero e proprio movimento di cariche elettriche o di ioni.

Volendo trasferire il concetto a un'applicazione biologica del sistema capacitivo, il condensatore risulta costituito da un'armatura metallica (data dall'elettrodo nobile isolato elettricamente ) collegato ai poli del generatore ad alta frequenza (circa 0,5 MHz) e da un'armatura costituita dal tessuto biologico che dal punto di vista elettrico si comporta come un conduttore di seconda specie (elettrolitico).

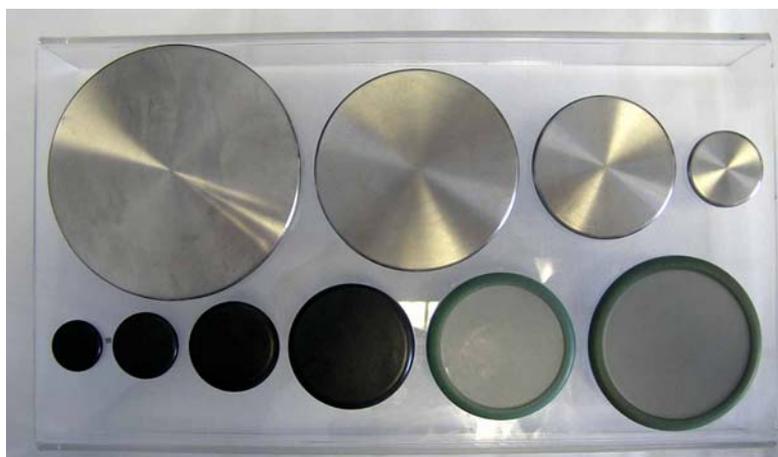
Anche la seconda armatura è collegata a un polo di ritorno del generatore, cosicché le cariche libere presenti in tutto il corpo vengono attratte o respinte nella zona sottostante affacciata all'elettrodo metallico mobile.



Il collegamento completo al generatore è utile per aumentare l'efficienza del trasferimento energetico, in quanto esso rifornisce continuamente il corpo di cariche e richiude elettricamente il circuito.

Con l'applicazione degli elettrodi non isolati (resistivi), nonostante si utilizzi la stessa frequenza di emissione, il comportamento del tessuto biologico cambia rispetto al sistema capacitivo e l'area di maggior concentrazione delle cariche elettriche si realizza nel punto del substrato biologico che offre più resistenza.

Il tessuto osseo, connettivale e cartilagineo sottoposti al trattamento energetico si comportano come il materiale dielettrico che riveste l'elettrodo capacitivo e come zona di massima concentrazione delle cariche.



## **Effetti biologici del sistema TECAR**

Il trasferimento per contatto capacitivo e resistivo è articolato e consente di individuare tre livelli: basso, medio e alto a seconda dei quali la risposta biologica sarà differenziata.

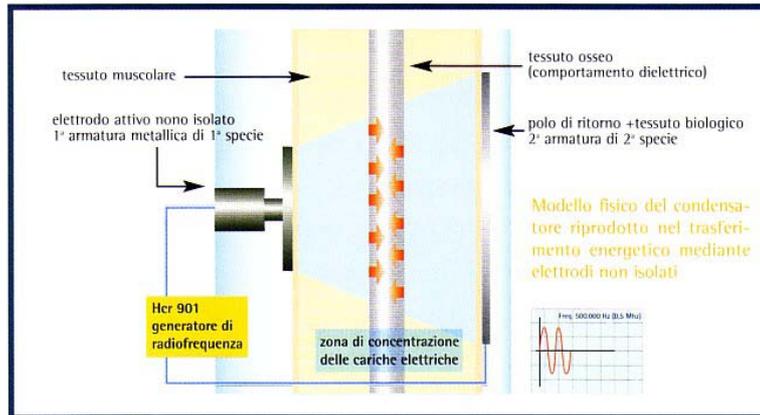
**A basso livello** di trasferimento energetico, pur non avendosi dissipazione endotermica si ha biostimolazione ultrastrutturale delle componenti cellulari: ne consegue un aumento delle trasformazioni energetiche proprie dei ritmi biologici vitali (ADP -> ATP) con aumento del consumo di ossigeno.

E' presente anche l'attivazione del microcircolo arterioso e venolinfatico senza dilatazione nei grossi vasi.

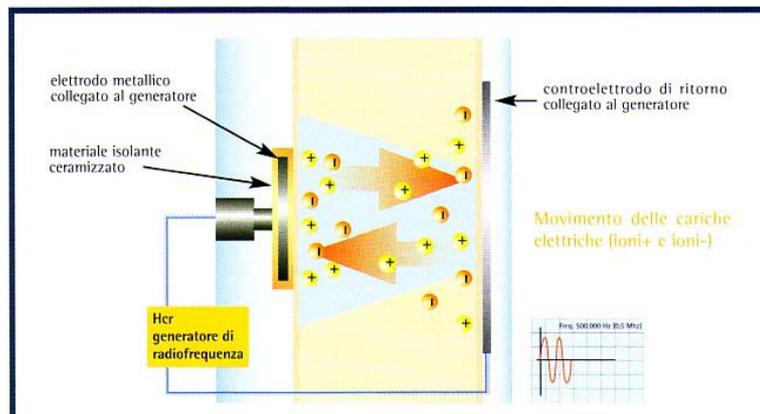
**A medio livello** continua l'effetto biostimolante ma si associa un aumento della temperatura legato alla maggiore velocità del flusso e alla microiperemia nel settore capillare e precapillare.

**Ad alto livello** diminuisce l'effetto di biostimolazione e diventa evidente invece l'effetto endotermico con vasodilatazione.

## Modalità resistiva



## Modalità capacitiva



## La focalità dell'azione

L'effetto biologico conseguente all'attrazione e concentrazione delle cariche in prossimità dell'elettrodo attivo mobile si sviluppa solo nella sede di applicazione, consentendo l'intervento selettivo sulle aree per le quali esiste indicazione terapeutica.

### Effetti biologici del sistema TECAR

EFFETTI BIOFISICI	EFFETTI BIOLOGICI			LIVELLI OPERATIVI
PROIEZIONE DI ENERGIA FREQUENZA	BIOSTIMOLAZIONE	Aumento dei processi proliferativi	ATERMICO	Potenza 0 - 30% circa
		Aumento delle trasformazioni energetiche cellulari		
	ANALGESIA	Aumento dei livelli di soglia		
		Azione diretta sulle terminazioni libere		
CORRENTI DI SPOSTAMENTO	OSSIGENAZIONE	Aumento della richiesta di ossigeno	MODERATAMENTE TERMICO	Potenza 30 - 60% circa
		Aumento del consumo di ossigeno		
	MICROIPEREMIA CAPILLARE E PRECAPILLARE			
	AUMENTO DELLA PERMEABILITÀ DI MEMBRANA	Incremento dei processi di osmosi	FRANCAMENTE TERMICO	Potenza 60 - 100% circa
		Ridistribuzione dei liquidi intercellulari		
		Incremento volumetrico cellulare		
ENDOTERMIA	Fluidificazione dei liquidi biologici			
	Aumento dei processi metabolici			
	Diminuzione dello stato eccito/motorio delle fibre			
	Iperafflusso ematico			
	Vasodilatazione			

## **Omogeneità dalla risposta endotermica**

Gli strati profondi del tessuto biologico sottoposti all'azione del sistema vengono coinvolti in modo uniforme dall'incremento termico. Questo fatto è strettamente collegato alla modalità del trasferimento di tipo capacitivo e/o resistivo. Infatti, l'incremento della temperatura è associato alle correnti di spostamento delle cariche elettriche e risulta direttamente proporzionale alla loro intensità.

Dal punto di vista elettrico l'intensità di tali correnti è indipendente dalla qualità resistiva del tessuto, connessa invece alla forza di attrazione e repulsione elettrica esercitata dall'elettrodo attivo e controllata direttamente a livello del generatore di differenza di potenziale. Così, nell'area di richiamo lineare delle cariche sottostante l'elettrodo, l'intensità della corrente risulta costante: ne deriva che anche il calore è costante.

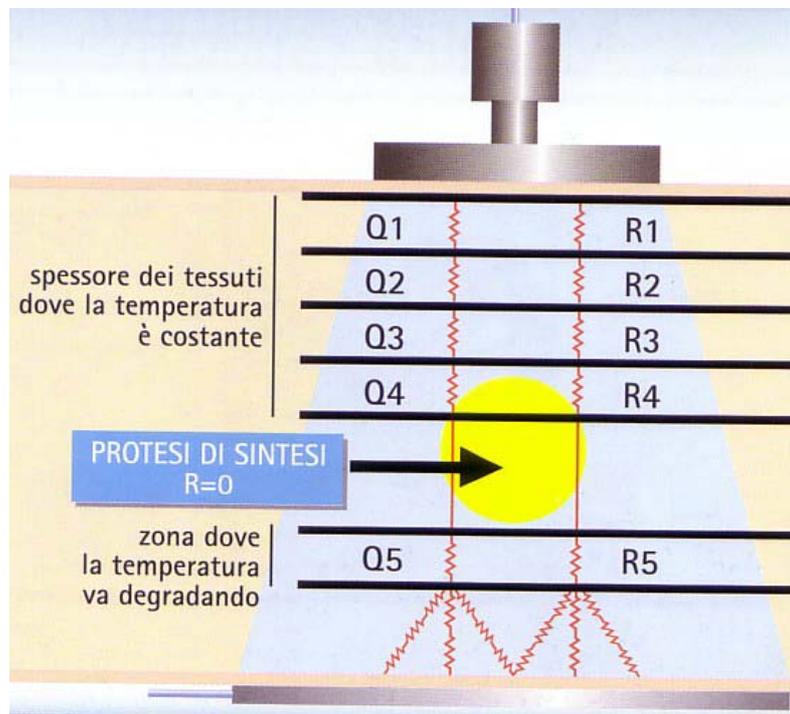
Anche il calore che si sviluppa nei diversi strati di tessuto è costante ed omogeneo.

## **Controllo della temperatura e innocuità del sistema**

La sicurezza del sistema dal punto di vista biofisico risulta evidente dalle seguenti considerazioni:

- per effetto del trasferimento capacitivo la corrente non è presente per contatto diretto, ma solo per movimento di attrazione e repulsione delle cariche elettriche proprie del tessuto;
- risultati biologicamente apprezzabili anche in profondità sono stati ottenuti senza proiettare concentrazioni di energia elevate sui piani superficiali cutanei;

- la presenza di protesi metalliche non costituisce controindicazione al trattamento. Essendo il metallo un ottimo conduttore, la resistenza è uguale a zero e quindi anche il calore. Quindi non c'è alcun pericolo di surriscaldamento di materiali protesici contenuti all'interno dei tessuti.

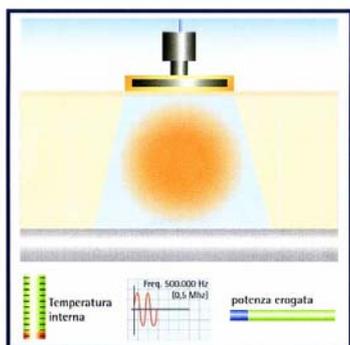


## Le applicazioni della Tecarterapia

La modalità capacitiva agisce specificatamente sui tessuti molli (muscoli, sistemavascolo/linfatico, ect.).

### MODALITÀ CAPACITIVA

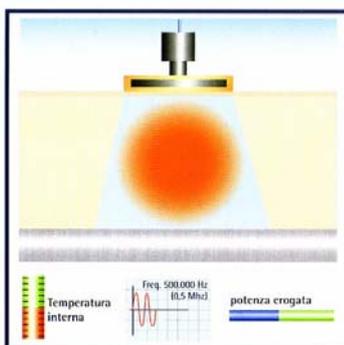
Effetti a **basso**  
livello **energetico**



**EFFETTI A BASSO LIVELLO. ATERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 1)**

Potenza regolata ai minimi livelli. Biostimolazione per aumento delle trasformazioni energetiche endocellulari e conseguente incremento del consumo di ossigeno.

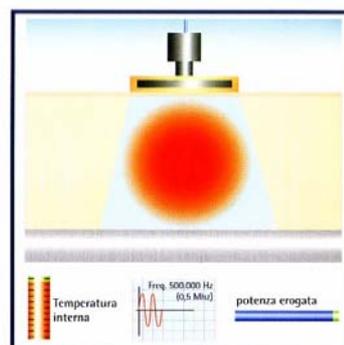
Effetti a **medio**  
livello **energetico**



**EFFETTI A MEDIO LIVELLO. MODERATAMENTE TERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 1-2)**

Biostimolazione per aumento delle trasformazioni energetiche endocellulari. Microiperemia capillare e precapillare indotta dalla necessità di soddisfare la richiesta ossigenativa. Incremento della temperatura interna nella zona controllata dall'elettrodo attivo isolato.

Effetti ad **alto**  
livello **energetico**



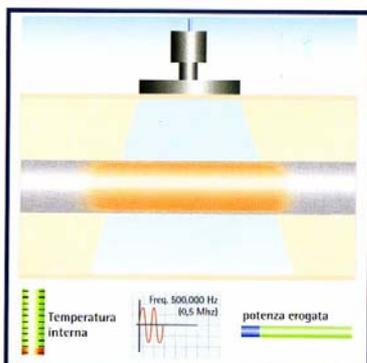
**EFFETTI AD ALTO LIVELLO. FRANCAMENTE TERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 3)**

Biostimolazione per aumento delle trasformazioni energetiche endocellulari. Aumento della velocità di flusso e della perfusione ematica in tutto lo spessore dell'area trattata, con accelerazione del drenaggio linfatico.

In modalità resistiva, invece, il trattamento coinvolge esclusivamente i tessuti a maggiore resistenza (ossa, cartilagini, grossi tendini, aponeurosi).

## MODALITÀ RESISTIVA

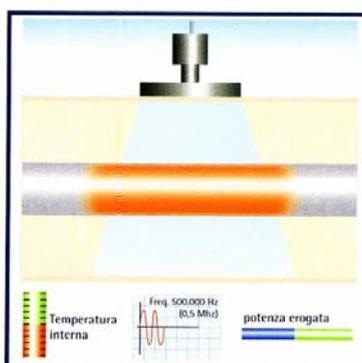
Effetti a **basso**  
livello **energetico**



**EFFETTI A BASSO LIVELLO. ATERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 1)**

Con la potenza regolata ai minimi livelli, le cariche vengono man mano a concentrarsi nella zona di massima resistenza, dove si manifesta un iniziale incremento termico.

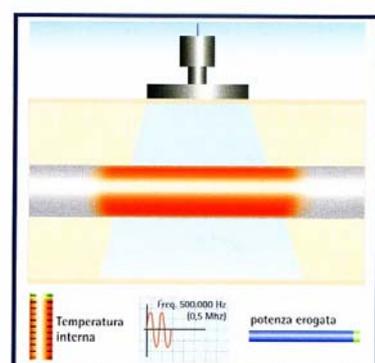
Effetti a **medio**  
livello **energetico**



**EFFETTI A MEDIO LIVELLO. MODERATAMENTE TERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 1-2)**

Maggior quantità di cariche accumulate nell'area più resistiva frapposta tra l'elettrodo e il polo di ritorno. Maggiore incremento della temperatura. Coinvolgimento tridimensionale dell'osso.

Effetti ad **alto**  
livello **energetico**



**EFFETTI AD ALTO LIVELLO. FRANCAMENTE TERMICO. (LIVELLO DI POTENZA 3)**

Ulteriore concentrazione di cariche elettriche nella zona più resistiva frapposta tra l'elettrodo attivo non isolato e il polo di ritorno. Ulteriore aumento della temperatura. Coinvolgimento tridimensionale dell'osso.

## 2- Scopo dello studio

Negli ultimi venti anni le lesioni del legamento crociato anteriore (LCA) hanno subito un notevole aumento dovuto alla sempre maggior diffusione dell'attività sportiva anche facilitata dall'introduzione di nuove discipline.

Parallelamente più moderne e sofisticate indagini strumentali, affiancate ad accurati esami clinici, hanno consentito di diagnosticare con maggior precisione tali lesioni con un conseguente incremento delle soluzioni chirurgiche.

Nell'ultimo decennio soprattutto in traumatologia dello sport si è incominciato ad utilizzare la TECARterapia come percorso terapeutico decisamente innovativo ed alternativo agli schemi classici della terapia fisica tradizionale.

Scopo del presente studio è stato valutare gli effetti della tecarterapia su giovani sportivi dopo l'intervento di ricostruzione del legamento crociato anteriore con l'utilizzo del tendine semitendinoso e gracile e fissazione con cross pins riassorbibili per la fissazione femorale e vite riassorbibile (49) per la fissazione tibiale.

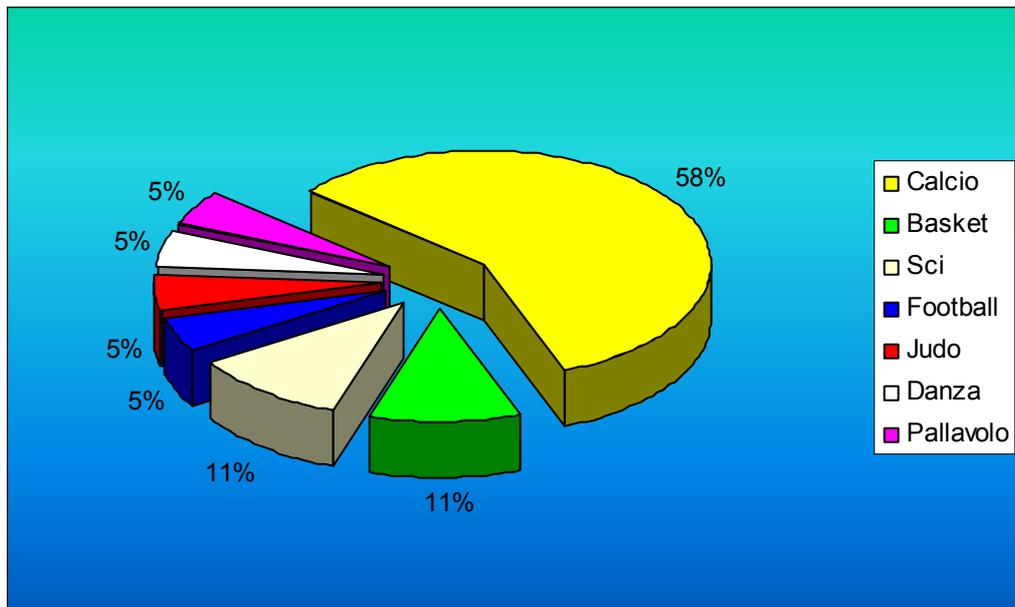
Un gruppo di giovani atleti nell'immediato post operatorio è stato sottoposto a Tecarterapia ed ha seguito il protocollo riabilitativo comunemente usato presso il nostro Centro . Un secondo gruppo di controllo ha seguito soltanto il protocollo riabilitativo.

Gli obiettivi sono stati ricercare la validità e l'affidabilità della tecnica Tecar applicata nell'immediato post operatorio testando e valutando il dolore, l'edema e l'infiammazione.

# 3- Materiali

E' stato considerato un campione di 20 pazienti con rottura del legamento crociato anteriore causata da trauma distorsivo del ginocchio durante l'attività sportiva.

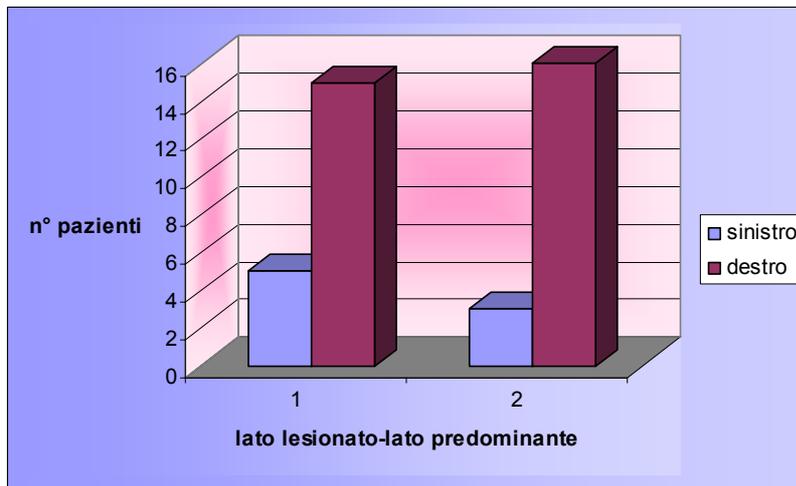
I pazienti praticavano diversi sport ( 59% calcio, 11% pallacanestro, 11% sci, 5% pallavolo, 5% judo, 5% football americano, 5% danza ).



Il campione era composto da 6 pazienti donne e 14 uomini, con un rapporto M:F di 1:2,3 con età compresa tra i 18 e i 42 anni.



Il lato maggiormente coinvolto era il destro con un rapporto di 15:5 .



Dopo l'intervento chirurgico a tutti i pazienti è stata prescritta una terapia con eparina a basso peso molecolare (anti-tromboembolica) e con un protettore gastrico da proseguire per circa 20 giorni.

Per la riabilitazione fisica tutti i pazienti hanno seguito il protocollo standard normalmente usato nel Nostro Centro (Centro di Traumatologia dello sport 1° Divisione Traumatologica dell' Istituto Ortopedico Gaetano Pini di Milano).

### **Protocollo riabilitativo standard in postumi di ricostruzione legamento crociato anteriore**

#### **Dal 2° al 30° giorno dall'intervento (1° mese)**

- Deambulazione con due bastoni; carico a tolleranza
- Mobilizzazione attiva, passiva, assistita, fino a raggiungere l'estensione completa e la flessione a 90° nei primi 15 giorni, 120° nei giorni successivi
- Contrazioni statiche dei muscoli flessori ed estensori
- Ginnastica in acqua assistita

#### **Dal 31° al 90° giorno (2°-3° mese)**

- Mobilizzazione passiva, passiva e assistita mirata a mantenere la mobilità in estensione e a raggiungere la massima flessione
- Ginnastica propriocettiva (65)
- Contrazioni statiche ed isometriche e progressivamente in carico fino ad eseguire semipiegamenti
- Ginnastica in acqua

**Dal 91° al 150° giorno (4°-5° mese)**

- Ginnastica propriocettiva avanzata (con particolare riferimento agli esercizi sul piano saggittale ed in forma sempre più dinamica)
- Trofismo isotonico in catena cinetica chiusa (leg press) e progressivo trofismo dei flessori in catena aperta (61,62)
- Ginnastica in acqua, esecuzione degli stili tradizionali (esclusa rana)

**Dal 151° al 180° giorno (6° mese)**

- Ginnastica propriocettiva sempre più dinamica (saltelli, skip, andature di vario tipo, tappeto elastico)
- Trofismo muscolare in catena chiusa (61,62,63) (leg press, piegamenti) ed in catena cinetica aperta (leg curl) iniziando progressivamente il movimento di estensione contro-resistenza (leg-extension)
- Andature che portino progressivamente alla corsa

**Dal 181° giorno (7° mese)**

- Test isocinetico
- Trofismo isocinetico, isotonico completo
- Corsa
- Progressivo ritorno alla pratica sportiva

Il protocollo inoltre prevedeva la valutazione del tono-trofismo muscolare e del dolore con **scala visiva analogica VAS nei quattro giorni dopo l'intervento.**



Dieci pazienti dopo l'intervento chirurgico sono stati sottoposti a sedute di Tecarterapia fin dalla prima giornata post operatoria fino alla dodicesima settimana seguendo il seguente protocollo:

**Protocollo Tecarterapia**

1° giornata:

TECAR150 (al letto del paziente): Capacitivo 20' quadricipite (retto femorale)

2° giornata:

TECAR 901: Capacitivo 15'+ Resistivo 5' (paziente supino-trattato quadricipite e tibiale anteriore)

3° giornata:

TECAR901: Capacitivo 20'+ Resistivo10' (paziente supino-trattato quadricipite e tibiale anteriore)

4° giornata:

TECAR901: Capacitivo 20'+ Resistivo 10' (paziente supino-trattato quadricipite e tibiale anteriore)

Dalla 2° alla 3° settimana:

TECAR901: Capacitivo 15'+ Resistivo 15' x 3 volte /settimana  
(2° sett. paziente supino, 3° sett. paziente prono- trattato bicipite femorale e tricipite della sura )

Dalla 4° alla 6° settimana:

TECAR901: Capacitivo 15'+ Resistivo 15' x 2 volte /settimana  
(paziente seduto-trattato il quadricipite)

Dalla 7° alla 9° settimana:

TECAR901: Capacitivo 5' + Resistivo 20' + Capacitivo 5' x 1 volta/settimana

Dalla 10° alla 12° settimana:

TECAR901: Capacitativi 5' + Resistivo 20' + Capacitativi 5' x 1 volta ogni 15 giorni.

In questi pazienti la valutazione del dolore è stata indagata **prima e dopo il trattamento con Tecar utilizzando la scala visiva analogica VAS.**



# 4- Metodi

I criteri valutativi che abbiamo applicato sono stati i medesimi per entrambi i gruppi di pazienti.

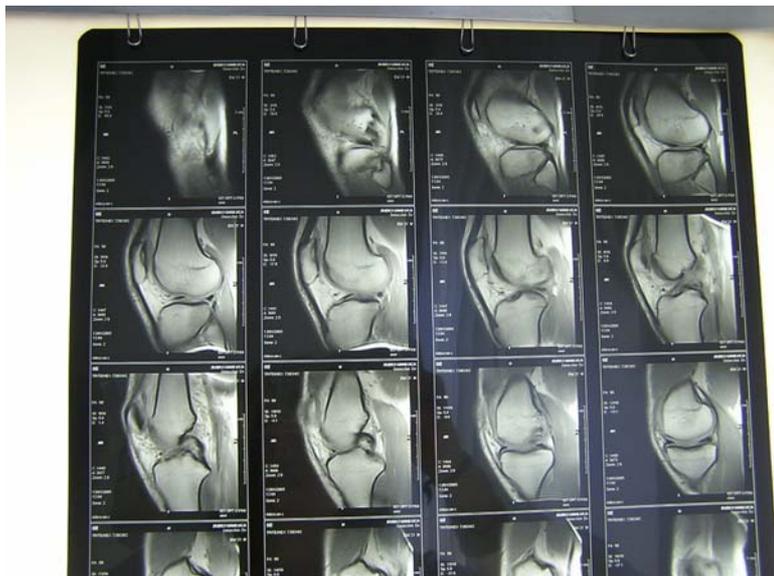
## Indagine anamnestica

La raccolta anamnestica per tutti i pazienti ha tenuto conto dei seguenti parametri:

- attività sportiva praticata
- livello agonistico
- data dell'infortunio
- modalità traumatica
- lato coinvolto

Tutti i pazienti sono stati sottoposti ai seguenti accertamenti diagnostici strumentali:

- RX
- TAC
- RMN



## **Valutazione soggettiva del dolore**

Prima dell'intervento è stata valutata il dolore seguendo la scala visiva analogica (VAS) :

DA 0  $\Rightarrow$  assenza di dolore al movimento;

A 10  $\Rightarrow$  dolore insopportabile che rende impossibile il movimento.

La valutazione soggettiva del dolore è proseguita anche nelle successive quattro giornate postoperatorie, durante il ricovero ospedaliero.

## **Esame clinico, funzionale e strumentale**

Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad un'indagine clinica, funzionale e strumentale con la quale venivano valutati il tonotrofismo muscolare, l'articolari  e la stabilit .

### **Trofismo quadricipitale**

Il trofismo muscolare   stato valutato attraverso la misurazione della circonferenza della coscia (a 10 cm dalla base della rotula) e il confronto con il controlaterale.

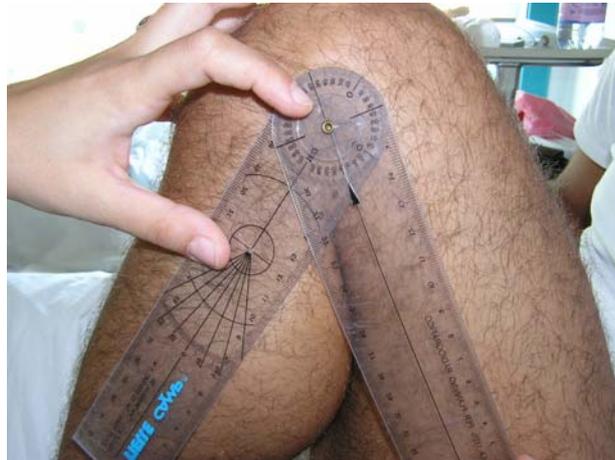
Per la valutazione dell'edema   stato misurata, sempre in entrambi gli arti, la circonferenza quadricipitale a 3 cm dalla base della rotula, e la circonferenza tricipitale (a 10 cm dall'apice rotuleo).

Tutte le misurazioni sono state effettuate sia prima dell'intervento che nei nei quattro giorni successivi all'intervento.



### **Valutazione dell'Articolarità (R.O.M.)**

E' stata valutata l'articolari ta attiva e passiva attraverso una semplice ispezione e con una misurazione attraverso l'ausilio di apposito goniometro e i valori sono stati espressi in gradi, riferiti all'angolo di flessione.



### **Valutazione della Stabilit **

Il test che abbiamo eseguito sul paziente per valutare questo dato (66)   il test di Lachman.

## **Test di Lachman**

Viene considerato il test più affidabile per la valutazione clinica dell'instabilità anteriore.

Viene effettuato a 20°-30° di flessione ed è di estrema importanza, in quanto, se positivo, è praticamente un segno suggestivo per la lesione del LCA. La stabilità anteriore può essere ben valutata a 20°-30° di flessione dato che il tratto ileotibiale dà un contributo minimo alla stabilizzazione attiva in questa fase ed anche il LCP non è molto in tensione a questi gradi di flessione (67).



Test di Lachman

Per eseguire questo test, l'esaminatore dovrà esercitare con una mano una pressione sulla regione posteriore prossimale della tibia e con l'altra tenere la parte distale del femore in modo che l'arto interessato sia in leggera rotazione esterna od in leggera flessione.

I dati ottenuti con il Lachman sono poi stati suddivisi semplicemente in:

0 ⇒ negativo;

+ ⇒ positivo;

++ ⇒ molto positivo.

## **Valutazione con Artrometro KT 1000**

L'esecuzione del test con artrometro KT1000 (MedMetric, San Diego, California) per la valutazione del test del cassetto anteriore prevede l'esecuzione di stress in senso anteroposteriore applicando forze che variano da 10 a 20 e 30 libbre, misurando poi la contrazione quadricipitale massimale attiva contro resistenza ed eseguendo la manovra manuale del cassetto anteriore, sempre sotto il controllo dell'operatore (68). Il test è stato eseguito in entrambe le ginocchia prima dell'intervento e dodici settimane dopo l'intervento.



Artrometro KT1000

## **Valutazione stabilometrica con KAT 2000**

La valutazione con KAT 2000 ci ha permesso di valutare il recupero dell'equilibrio propriocettivo (10,65,69,70,71,72) e della coordinazione degli arti inferiori (73,74).

Prevede una prova della stabilometria posturale in condizioni statiche e dinamiche con l'utilizzo di una pedana stabilometrica KAT 2000 (Kinesthetic Ability Trainer).

Il dispositivo utilizzato è costituito da una piattaforma ad equilibrio instabile (KAT 2000 della Breg Inc. USA) sostenuta nel suo punto centrale da un piccolo pivot e dotata di un sensore digitale collegato ad un computer.

La stabilità della piattaforma è controllata variando la pressione di un cuscino pneumatico circolare inserito nella piattaforma alla base dello strumento, il cui valore viene calcolato tramite un algoritmo in base al peso in libbre del soggetto da testare.

Il paziente preventivamente informato dell'instabilità della pedana, viene fatto accomodare su di essa con i piedi paralleli ed i talloni in corrispondenza di due precisi segni di riferimento posti nei quadranti posteriori della stessa.

Dopo qualche momento concesso al paziente per assestarsi e concentrarsi sull'esercizio, si inizia la serie di tre consecutive prove di valutazione.

Il protocollo di studio eseguito per ogni singola prova di valutazione consiste in quattro esercizi compiuti in ordine randomizzato:

1. mantenimento dell'equilibrio ortostatico in appoggio bipodalico (2LS);
2. mantenimento dell'equilibrio ortostatico in appoggio monopodalico sull'arto infortunato (LS o RS);
3. mantenimento dell'equilibrio ortostatico in appoggio monopodalico sull'arto sano (LS o RS);
4. esecuzione di un movimento circolare in senso orario in appoggio bipodalico seguendo una traccia sul monitor (2LD).



Pedana Balance KAT 2000.

Nell'eseguire ciascun esercizio il paziente deve fissare un punto fisso di riferimento, appositamente posto di fronte al soggetto, e mantenere le braccia conserte con le mani appoggiate sulle spalle.

Per ogni singolo esercizio è stata effettuata una registrazione per un periodo di 20 secondi al termine dei quali si evidenziano automaticamente sul monitor i dati rilevati.

Qualora il paziente dovesse perdere l'equilibrio durante la registrazione, appoggiandosi all'apposita sbarra di sicurezza o appoggiando l'altro piede a terra, nel caso dei test monopodalici, il singolo esercizio non viene considerato valido e viene pertanto ripetuto.

Abbiamo preso in considerazione, come parametro fondamentale, l'indice complessivo dello sbilanciamento posturale BI (Balance Index) che rappresenta la somma degli altri otto parametri utilizzati e testati durante il test: Q1, X+, Q4.Y-, Q3, X-, Q2 e Y+.

Il Balance Index risulterebbe uguale a zero nel caso di stabilità assoluta della proiezione del baricentro del paziente al centro della pedana, mentre il valore aumenta con pazienti aventi posture viziate dall'instabilità di ginocchio.

La riproducibilità dei dati ottenuti con questo metodo era già stata verificata in precedenza presso il nostro centro.

Il test è stato effettuato prima dell'intervento e poi ripetuto in modalità bipodalico a 3, 6, 9 e 12 settimane (73); a 9 e 12 settimane è stato ripetuto anche il test monopodalico.

Il paziente è stato valutato anche attraverso l'esecuzione di altri due test: il Balance e l'Optojump.

## **Valutazione con Balance**

Il Balance è uno strumento che registra le modificazioni posturali (74,75,76).

E' formato da due piattaforme indipendenti, ciascuna dotata di una cella di carico, sostenute ciascuna autonomamente da due compressori.

Su un piccolo display, collegato allo strumento, vengono rilevati in tempo reale i dati riferiti allo sbilanciamento del peso corporeo, che viene espresso in Kg massa, ed alla differenza in altezza, rilevata in mm, delle due piattaforme.

Viene anche fornito un terzo parametro che informa sull'orientamento dello sbilanciamento sul piano frontale.

Le rilevazioni vengono effettuate nelle posizioni statica, a piattaforme bloccate, e dinamica, a piattaforme libere.

Il soggetto deve mantenere lo sguardo fisso davanti a sé, e le braccia lungo i fianchi.

Inoltre l'equilibrio posturale viene testato in ortostatismo sia a pedane libere che bloccate con rachide fissato a C7 ed L5.

I dati sono stati raccolti prima dell'intervento.



## Valutazione Optojump

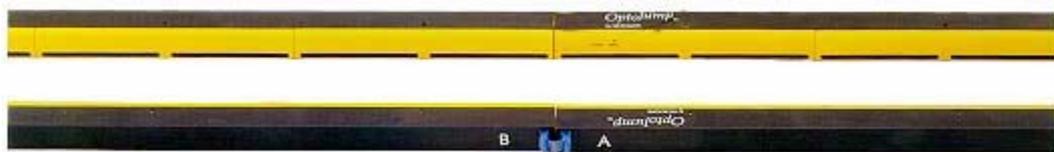
E' un sistema di rilevamento ottico che permette la misurazione dei tempi di contatto e di volo durante l'esecuzione di una serie di balzi (77). Questo permette di valutare la forza esplosiva ed elastica del paziente durante l'esercizio.

E' costituito da due barre strumentate (dimensioni 100x4x3 cm), una contenente la parte di controllo e ricezione, l'altra la parte di trasmissione.



Durante il test i dati sono presentati graficamente in tempo reale, e vengono memorizzati per successive rielaborazioni o visualizzazioni, sia in forma numerica che grafica.

Per installare il sistema è sufficiente posizionare a terra le due barre, ponendole una di fronte all'altra (un led verde segnala l'esatto posizionamento) e collegare l'apposito cavo alla porta seriale del PC (il collegamento non abbisogna di alcuna interfaccia). Le barre possono venire posizionate una di fronte all'altra fino ad una distanza di oltre 3 metri.



Il soggetto deve effettuare tre salti consecutivi fermandosi e riposizionandosi stabilmente dopo ogni singolo balzo.

Prima esegue l'esercizio con entrambi i piedi in posizione parallela, e poi con i due piedi singolarmente.

I pazienti sono stati valutati nel preoperatorio.

# 5-Risultati

E' stato effettuato un confronto tra due gruppi di pazienti: 10 pazienti trattati con Tecarterapia (gruppo Tecar) e 10 pazienti non trattati con Tecarterapia (gruppo di controllo) dopo ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Nella valutazione statistica per ogni parametro sono stati messi a confronto prima i dati relativi ai risultati dei singoli gruppi e successivamente sono stati confrontati i risultati dei due gruppi stessi.

Il **valore di riferimento significativo** è stato considerato  $p < 0,05$ .

## Valutazione anamnestica

E' stato valutato il campione scelto analizzando l'età, il peso e l'altezza.

E' stata calcolata la media e la deviazione standard per entrambi i gruppi.

L'età minima del **gruppo Tecar** era 19 anni, la massima 40 con una media di 31 anni. Nel **gruppo di controllo**, invece, l'età minima era di 18, l'età massima era 33 anni e la media 27.

Confrontando i dati dell'età dei due gruppi è risultata  $p$  (percentuale di significatività) = 0.46.

I risultati riguardanti il peso sono stati:

**gruppo Tecar:** peso minimo 44 kg, peso massimo 98 kg e la media 68.75 kg.

**gruppo di controllo:** peso minimo 50 kg, peso massimo 91 kg e media 76.37 kg.

Il confronto tra i due gruppi ha dato una  $p$  (percentuale di significatività) = 0.28.

Per i dati relativi l'altezza:

il **gruppo Tecar** : minimo 160 cm, massimo 192 cm e una media di 175 cm .

Il **gruppo di controllo** aveva la medesima media ma con un minimo di 163 cm e un massimo di 185 cm.

La  $p$  (percentuale di significatività) è risultata uguale a 0.93.

	$p$
<b>Età</b>	0,461449
<b>Peso</b>	0,287428
<b>Altezza</b>	0,934552

### Valutazione del dolore (VAS)

Sono state calcolate la media e la deviazione standard per ogni singolo giorno relativo ai singoli gruppi.

Successivamente sono stati messi a confronto i dati di ogni giornata con quelli delle giornate successive.

Infine sono stati confrontati i due gruppi sempre tenendo come parametro le singole giornate.

Gruppo	Dato	Media	DS
<b>GR. TECAR</b>	<b>VAS 0</b>	0,70	0,95
	<b>VAS 1</b>	4,10	2,51
	<b>VAS 1 post</b>	3,90	2,28
	<b>VAS 2</b>	3,90	2,28
	<b>VAS 2 post</b>	3,40	2,01
	<b>VAS 3</b>	2,50	1,58
	<b>VAS 3 post</b>	2,20	1,40
	<b>VAS 4</b>	2,40	1,65
	<b>VAS 4 post</b>	2,10	1,52

GR. CONTR	VAS 0	0,11	0,33
	VAS 1	4,67	3,08
	VAS 2	4,22	2,77
	VAS 3	2,17	1,73
	VAS 4	1,28	1,56

<i>Dato: VAS</i>		<i>p</i>
CASI	<b>0 vs 1</b>	<b>0,005960892</b>
	1 vs 1 post	0,613364813
	1 post vs 2	0,855326667
	2 vs 2 post	0,374363193
	<b>2 post vs 3</b>	<b>0,029427970</b>
	3 vs 3 post	0,188950569
	3 post vs 4	0,503730976
	4 vs 4 post	0,188950569

<i>Dato: VAS</i>		<i>p</i>
CONTR	<b>0 vs 1</b>	<b>0,007369</b>
	1 post vs 2	0,97568
	<b>2 post vs 3</b>	<b>0,031141</b>
	3 post vs 4	0,156786

Le p(percentuali di specificità) che sono risultate significative sono state per entrambi i gruppi quelle tra la valutazione preoperatoria e la prima giornata postoperatoria ( $p = 0.0059/ p = 0.007$ ), e tra la seconda e la terza giornata ( $p = 0.029/ p = 0.031$ ).

<i>Dato: VAS</i>	<i>p</i>
<b>0</b>	0,138856277
<b>1</b>	0,680698625
<b>1 post</b>	0,836115924
<b>2</b>	0,741442296
<b>2 post</b>	0,534314824
<b>3</b>	0,678525646
<b>3 post</b>	0,966968912
<b>4</b>	0,144124163
<b>4 post</b>	0,167100638

## Valutazione clinica, funzionale e strumentale

### Trofismo muscolare

E' stata calcolata la media e la deviazione standard delle tre misurazioni nei due gruppi prima dell'intervento e nei quattro giorni seguenti.

Successivamente abbiamo analizzato la circonferenza del quadricipite, del tricipite e l'edema confrontando ogni giornata con la giornata successiva.

<b>Gruppo</b>	<b>Dato</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Dato</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>
<b>GR. TECAR</b>	<b>Quadr 0</b>	43,91	4,71	<b>GR. CONTR.</b>	<b>Quadr 0</b>	47,50	5,49
	<b>Quadr 1</b>	44,32	4,06		<b>Quadr 1</b>	47,28	4,82
	<b>Quadr 2</b>	44,73	3,40		<b>Quadr 2</b>	47,89	3,98
	<b>Quadr 3</b>	44,55	3,64		<b>Quadr 3</b>	48,83	3,76
	<b>Quadr 4</b>	43,98	3,86		<b>Quadr 4</b>	48,50	4,00
	<b>Edema 0</b>	37,95	4,22		<b>Edema 0</b>	40,44	4,81
	<b>Edema 1</b>	40,28	4,29		<b>Edema 1</b>	42,89	4,17
	<b>Edema 2</b>	40,45	3,37		<b>Edema 2</b>	43,94	3,60
	<b>Edema 3</b>	41,46	3,58		<b>Edema 3</b>	43,83	3,26
	<b>Edema 4</b>	41,45	3,47		<b>Edema 4</b>	44,00	3,74
	<b>Tricipite 0</b>	34,27	2,27		<b>Tricipite 0</b>	35,61	3,60
	<b>Tricipite 1</b>	35,45	2,88		<b>Tricipite 1</b>	37,06	3,56
	<b>Tricipite 2</b>	36,18	2,55		<b>Tricipite 2</b>	38,50	3,58
	<b>Tricipite 3</b>	33,00	11,00		<b>Tricipite 3</b>	38,78	3,84
	<b>Tricipite 4</b>	36,23	2,82		<b>Tricipite 4</b>	38,31	3,92

Le p risultate significative sono state:

nel gruppo dei controlli **la misurazione del quadricipite tra la seconda e la terza giornata, con  $p = 0.018$**

**sempre il terzo giorno il confronto tra i due gruppi dà una  $p = 0.029$**

<i>Dato</i>	<i>p</i>
Circ. Quadricip TECAR 0 vs 1	0,45649266
Circ. Quadricip TECAR 1 vs 2	0,51773251
Circ. Quadricip TECAR 2 vs 3	0,42754009
Circ. Quadricip TECAR 3 vs 4	0,14734563
Circ. Quadricip CONTR 0 vs 1	0,92882465
Circ. Quadricip CONTR 1 vs 2	0,35213019
Circ. Quadricip CONTR 2 vs 3	<b>0,01824606</b>
Circ. Quadricip CONTR 3 vs 4	0,14923649
Circ. Quadricip TECAR/CONTR 0	0,19397873
Circ. Quadricip TECAR/CONTR 1	0,15924003
Circ. Quadricip TECAR/CONTR 2	0,10967330
Circ. Quadricip TECAR/CONTR 3	<b>0,02980935</b>
Circ. Quadricip TECAR/CONTR 4	0,05658227

La misurazione dell'edema valutata nei singoli gruppi ha dato un risultato significativo tra **la valutazione preoperatoria e la prima giornata in entrambi i campioni, con una  $p = 0.016$  nel gruppo Tecar e  $p = 0.006$  nei controlli.**

<i>Dato</i>	<i>p</i>
Edema TECAR 0 vs 1	<b>0,01646</b>
Edema TECAR 1 vs 2	0,57634
Edema TECAR 2 vs 3	0,09423
Edema TECAR 3 vs 4	0,74952
Edema CONTR 0 vs 1	<b>0,00622</b>
Edema CONTR 1 vs 2	0,10772
Edema CONTR 2 vs 3	0,97940
Edema CONTR 3 vs 4	0,89045
Edema TECAR/CONTR 0	0,22169
Edema TECAR/CONTR 1	0,22344
Edema TECAR/CONTR 2	0,12720
Edema TECAR/CONTR 3	0,13654
Edema TECAR/CONTR 4	0,14765

Nelle misurazioni del tricipite le **p significative** sono state:  
**nel gruppo Tecar tra la prima e la seconda giornata (p = 0.025),**  
**nel gruppo di controllo tra la valutazione preoperatoria e la prima giornata (p = 0.01), e tra la prima e la seconda giornata (p = 0.034).**

<i>Dato</i>	<i>p</i>
Tricipite TECAR 0 vs 1	0,05722
Tricipite TECAR1 vs 2	<b>0,02504</b>
Tricipite TECAR 2 vs 3	0,70127
Tricipite TECAR 3 vs 4	0,33169
Tricipite CONTR 0 vs 1	<b>0,01281</b>
Tricipite CONTR 1 vs 2	<b>0,03451</b>
Tricipite CONTR 2 vs 3	0,52923
Tricipite CONTR 3 vs 4	0,17796
Tricipite TECAR/CONTR 0	0,32131
Tricipite TECAR/CONTR 1	0,20672
Tricipite TECAR/CONTR 2	0,15734
Tricipite TECAR/CONTR 3	0,17033
Tricipite TECAR/CONTR 4	0,23647

## Valutazione con KT1000

E' stata calcolata la media dei valori preoperatori e a distanza di dodici settimane in entrambi i gruppi (10-20-30 libbre, contrazione massimale quadricipitale).

KT-1000			
Gruppo	Dato		Media
GR. TECAR	0	10	3,7
		20	5,2
		30	6,8
		c.q.	5,4
	12	10	3
		20	4,75
		30	5,87
		c.q.	4,2
GR. CONTR	0	10	3,4
		20	5,57
		30	8,14
		c.q.	7,8
	12	10	2,7
		20	3,8
		30	5,2
		c.q.	5

Sono stati confrontati i valori:

sono risultati significativi nel **gruppo di controllo** i valori a **30 libbre p=0,021**,  
e **alla contrazione massimale quadricipitale p=0,01**.

Nel confronto **tra i due gruppi** p è risultata significativa: nella **valutazione preoperatoria alla contrazione massimale quadricipitale (p=0,03)**.

<b>KT-1000</b>		
<b>GR.TECAR 0 vs 12</b>	<b>10</b>	0,201473
	<b>20</b>	0,440799
	<b>30</b>	0,219277
	<b>c.q.</b>	0,078323
<b>GR.CONTR. 0 vs 12</b>	<b>10</b>	0,257052
	<b>20</b>	0,101613
	<b>30</b>	<b>0,021987</b>
	<b>c.q.</b>	<b>0,017586</b>

<b>GR.TECAR vs GR.CONTR.</b>		
<b>0</b>	<b>10</b>	0,403394322
	<b>20</b>	0,372743857
	<b>30</b>	0,170784188
	<b>c.q.</b>	<b>0,016720462</b>
<b>12</b>	<b>10</b>	0,360220356
	<b>20</b>	0,174536637
	<b>30</b>	0,28960362
	<b>c.q.</b>	0,230953283

## Valutazione KAT 2000

Per tutte le rilevazioni abbiamo calcolato la media e la deviazione standard, considerando i dati dei **test bipodalici** statici (LS) e dinamici (LD).

Il confronto è stato fatto all'interno di ogni gruppo tra i risultati del preoperatorio e i seguenti. Successivamente è stata calcolata la significatività anche tra i risultati della terza settimana, quelli della sesta, della nonna e della dodicesima settimana confrontando i due gruppi.

Gruppo	Dato	Media	Gruppo	Dato	Media
<b>GR. TECAR</b>	<b>2 LS 0</b>	1312,10	<b>GR. CONTR.</b>	<b>2 LS 0</b>	1246,50
	<b>2 LS 3</b>	1789,50		<b>2 LS 3</b>	1790,28
	<b>2 LS 6</b>	1349,20		<b>2 LS 6</b>	1293,86
	<b>2 LS 9</b>	892,40		<b>2 LS 9</b>	932,00
	<b>2 LS 12</b>	1158,00		<b>2 LS 12</b>	1064,00
	<b>2 LD 0</b>	1656,05		<b>2 LD 0</b>	1356,29
	<b>2 LD 3</b>	1072,55		<b>2 LD 3</b>	979,21
	<b>2 LD 6</b>	1287,15		<b>2 LD 6</b>	1234,71
	<b>2 LD 9</b>	877,35		<b>2 LD 9</b>	674,53
	<b>2 LD 12</b>	1244,00		<b>2 LD 12</b>	1032

<b>GR. TECAR</b>	<b>KAT 2000 2 LS</b>	<b>p</b>	<b>GR. CONTR.</b>	<b>KAT 2000 2 LS</b>	<b>p</b>
	<b>0 vs 3</b>	<b>0,002869120</b>		<b>0 vs 3</b>	<b>0,0292607</b>
	<b>3 vs 6</b>	<b>0,005593367</b>		<b>3 vs 6</b>	<b>0,0087494</b>
	<b>0 vs 6</b>	<b>0,000299584</b>		<b>0 vs 6</b>	<b>8,074E-05</b>
	<b>KAT 2000 2 LD</b>	<b>p</b>		<b>KAT 2000 2 LD</b>	<b>p</b>
	<b>0 vs 3</b>	<b>0,030627347</b>		<b>0 vs 3</b>	<b>0,0303839</b>
	<b>3 vs 6</b>	<b>0,043860769</b>		<b>3 vs 6</b>	<b>0,0782776</b>
	<b>0 vs 6</b>	<b>0,002033667</b>		<b>0 vs 6</b>	<b>0,0093346</b>

<b>GR. TECAR</b>	<b>KAT 2000 2 LS</b>	<b>p</b>	<b>GR. CONTR.</b>	<b>KAT 2000 2 LS</b>	<b>p</b>
	0 vs 9	0,001		0 vs 9	0,011
	0 vs 12	0,0004		0 vs 12	0,00004
	9 vs 12	0,44		9 vs 12	0,01
	<b>KAT 2000 2 LD</b>	<b>p</b>		<b>KAT 2000 2 LD</b>	<b>p</b>
	0 vs 9	0,0008		0 vs 9	0,008
	0 vs 12	0,002		0 vs 12	0,006
	9 vs 12	0,21		9 vs 12	0,35

<b>GR.TECAR vs GR.CONTR.</b>			
<b>KAT 2000 2 LS</b>	<b>p</b>	<b>KAT 2000 2 LD</b>	<b>p</b>
0	0,029	0	0,49
3	0,22	3	0,33
6	0,38	6	0,49
9	0,35	9	0,16
12	0,027	12	0,02

Nel gruppo Tecar, in entrambi i test bipodalici, **tutti i valori** confrontati **hanno dato dei risultati significativi ( $p < 0,05$ )**.

Anche **nel gruppo di controllo** sono risultati significativi **tutti i** confronti, in entrambi i test, **tranne che nel confronto tra la terza e la sesta settimana**.

**Confrontando i due gruppi** i risultati significativi sono stati:

nello statico il **confronto preoperatorio ( $p=0,029$ )**, e a **dodici settimane** di distanza dall'intervento ( $p=0,027$ ).

nel test dinamico il confronto delle valutazioni **dopo dodici mesi** ( $p=0,02$ ).

E' stata calcolata la media e la deviazione standard considerando i dati dei **test monopodali** con entrambe le gambe (LL=lato leso, LS=lato sano).

Gruppo	Dato	Media
<b>GR. TECAR</b>	<b>LS 0</b>	1265,25
	<b>LS 9</b>	1155,25
	<b>LS 12</b>	884,95
	<b>LL 0</b>	1420,75
	<b>LL 9</b>	1051,75
	<b>LL 12</b>	834,05
<b>GR. CONTR.</b>	<b>LS 0</b>	1098,85
	<b>LS 9</b>	1042,00
	<b>LS 12</b>	989,58
	<b>LL 0</b>	1117,28
	<b>LL 9</b>	802,78
	<b>LL 12</b>	799,54

Il confronto è stato fatto all'interno di ogni gruppo tra i risultati del preoperatorio e i successivi. E' stata poi calcolata la significatività tra i risultati della nona settimana e della dodicesima settimana mettendo a confronto i due gruppi.

<b>GR. TECAR</b>	<b>KAT 2000 LS</b>	<b>p</b>	<b>GR. CONTR.</b>	<b>KAT 2000 LS</b>	<b>p</b>
	<b>0 vs 9</b>	0,240869		<b>0 vs 9</b>	0,361708
	<b>9 vs 12</b>	<b>0,037543</b>		<b>9 vs 12</b>	0,339182
	<b>0 vs 12</b>	<b>0,002608</b>		<b>0 vs 12</b>	0,278846
	<b>KAT 2000 LL</b>	<b>p</b>		<b>KAT 2000 LL</b>	<b>p</b>
	<b>0 vs 9</b>	0,021275		<b>0 vs 9</b>	0,048668
	<b>9 vs 12</b>	0,042411		<b>9 vs 12</b>	0,487987
	<b>0 vs 12</b>	<b>0,000458</b>		<b>0 vs 12</b>	<b>0,030423</b>

GR. TECAR vs GR.CONTR.			
KAT 2000 LS	p	KAT 2000 LL	p
0	0,176997	0	0,077507
9	0,202643	9	<b>0,045520</b>
12	0,228621	12	0,327841

Sono risultati significativi:

**nel gruppo Tecar:** il confronto tra la valutazione **preoperatoria e quella a dodici settimane** di distanza (**p=0,002**) per entrambi lati, nel lato leso sono stati significativi anche i confronti tra la valutazione preoperatoria e quella **a nove settimane (p=0,02)**, e i **confronti tra la nona settimana e la dodicesima (p=0,0004)**.

**nel gruppo di controllo** è significativo il confronto tra la valutazione preoperatoria e quella **a distanza di dodici settimane (p=0,03)** del lato leso.

**Confrontando i due gruppi** l'unico valore significativo è risultato essere quello relativo al ginocchio leso nella valutazione a **distanza di nove settimane** dall'intervento (**p=0,04**).

## 6- Discussione

Analizzando i risultati ottenuti possiamo vedere come i due gruppi siano omogenei per quanto riguarda età, peso e altezza.

Infatti, nonostante le medie dei due gruppi mostrino delle differenze, confrontando i dati non si ottengono dei risultati significativi (**età:  $p = 0.46$ , peso:  $p=0.28$ , altezza:  $p= 0.93$** ).

I dati relativi al dolore hanno mostrato come questo dato sia in aumento **per entrambi i gruppi nella prima giornata postoperatoria**.

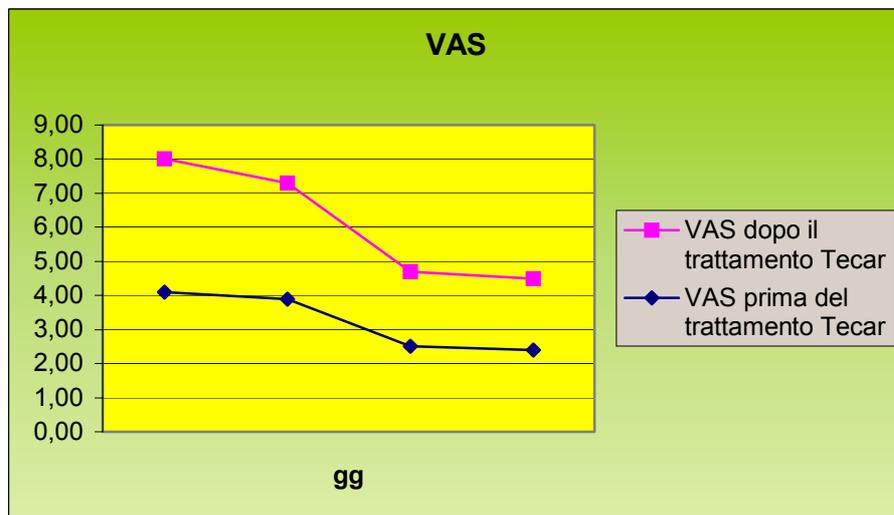
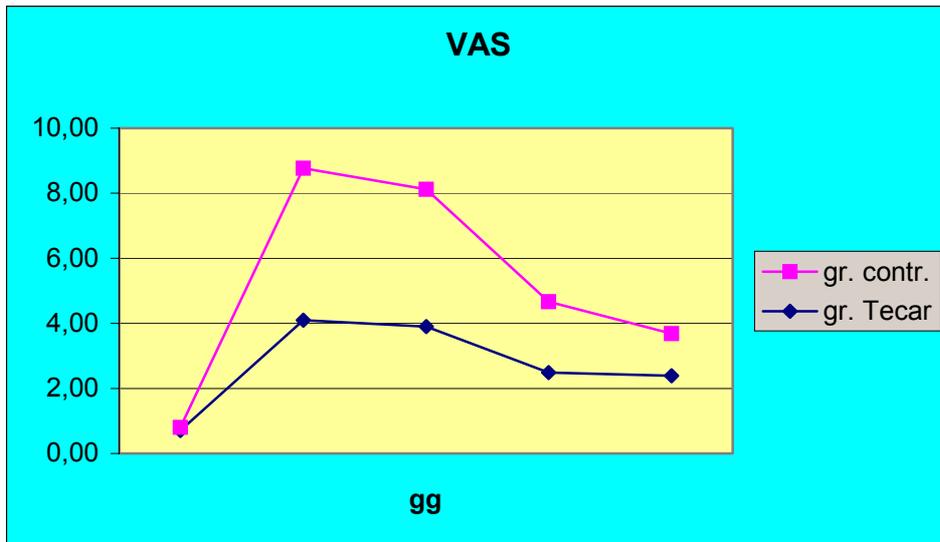
Questo risultato corrisponde alle nostre aspettative, considerando che tutti i pazienti sono stati sottoposti ad intervento chirurgico.

Il peggioramento del dolore in **prima giornata** risulta infatti significativo per entrambi i gruppi (**gr. Tecar:  $p = 0.059$  /gr. controllo:  $p = 0.07$** ).

Abbiamo evidenziato poi, una diminuzione significativa del dolore (**gr. Tecar:  $p = 0.029$  / gr.controllo:  $p = 0.03$** ) in **terza giornata** per entrambi i gruppi.

Questo dato potrebbe essere correlato all'inizio della deambulazione che secondo il protocollo avviene in **seconda giornata** (aumento della funzionalità della pompa muscolare).

**Nel gruppo Tecar abbiamo osservato che il dolore diminuisce dopo ogni seduta di Tecarterapia.**



**Nel gruppo Tecar:**

la circonferenza del quadricipite è risultata aumentata in prima e in seconda giornata per valori non significativi;

la circonferenza a 3 cm dalla base rotulea è aumentata in **prima giornata** per un valore significativo ( $p= 0.016$ ), risultato giustificato dall'atto chirurgico;

la circonferenza del tricipite ha avuto delle oscillazioni:  
aumento in seconda giornata, decremento in terza giornata con un successivo incremento di valori in quarta giornata.

**Nel gruppo di controllo:**

la circonferenza del quadricipite in prima giornata è diminuita.

In **seconda e in terza giornata** si è rilevato un incremento significativo (**p = 0.018**).

La circonferenza a 3 cm dalla base rotulea è aumentata in prima e in seconda giornata, in terza giornata diminuisce lievemente e in quarta giornata abbiamo nuovamente un leggero incremento.

L'aumento in **prima giornata** risulta significativo (**p= 0.006**).

La circonferenza del tricipite, infine, è aumentata fino alla terza giornata. Quest'aumento si è dimostrato di rilievo in **prima giornata (p = 0.012)** e in **seconda giornata (p = 0.034)**. In quarta giornata la circonferenza diminuisce.

Sono stati **confrontati i due gruppi**:

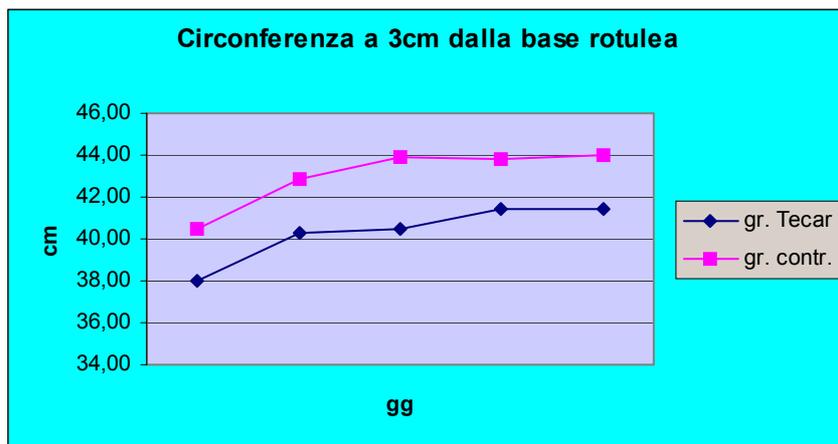
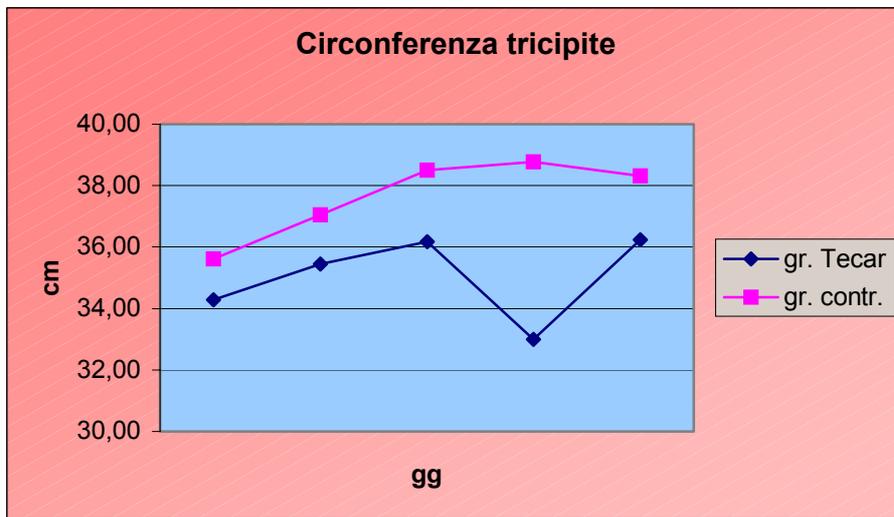
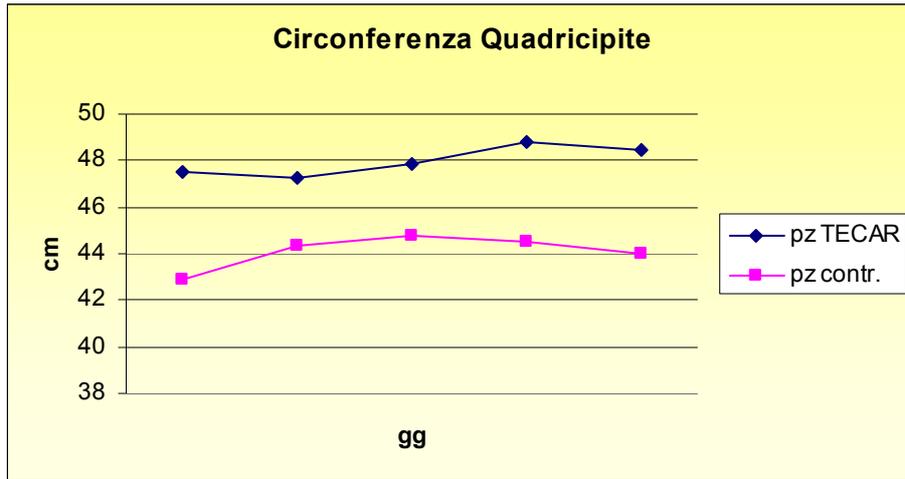
L'unico dato significativo statisticamente è stato la circonferenza del quadricipite in **terza giornata (p = 0.029)**.

Confrontando le medie dei singoli gruppi si è evidenziato che la circonferenza del quadricipite aumenta maggiormente nel gruppo di controllo. Infatti **nei primi due giorni** abbiamo un aumento di solo **0.5 cm nel gruppo Tecar**, e di **1.30 cm nell'altro gruppo**.

La circonferenza del tricipite nelle prime due giornate è aumentata di **1.8 cm nel gruppo Tecar e 3.2 nel gruppo di controllo**.

Questi risultati potrebbero far ipotizzare un aumento del tonotrofismo muscolare a favore del gruppo di controllo; ma in effetti i dati risultano influenzati dalla presenza di edema conseguente all'intervento chirurgico.

Quindi i risultati hanno evidenziato un **aumento dell'edema nel gruppo di controllo rispetto al gruppo trattato con Tecarterapia**.



I dati ottenuti nella valutazione con KT1000 non hanno dimostrato un significativo recupero della stabilità a distanza di dodici settimane

dall'intervento in entrambi i gruppi valutati. Non sono risultate differenze importanti tra i pazienti trattati con Tecar e quelli non trattati.

La valutazione del recupero della propriocettività è stata osservata con la pedana stabilometrica KAT2000.

Il **test monopodalico** ha dato risultati significativi nella valutazione a distanza.

Nei pazienti **trattati con Tecar** ci sono stati miglioramenti della propriocettività del lato lesa significativi sia **nella valutazione a nove** che a **dodici settimane** di distanza dall'intervento .

Anche il lato sano ha migliorato il controllo della propriocettività.

Nel **gruppo di controllo** il recupero della propriocettività dell'arto lesa è rilevabile solo a distanza di dodici mesi .

Si può quindi evidenziare una differenza importante tra i due gruppi di pazienti: **i trattati con Tecarterapia hanno avuto un miglior recupero propriocettivo in tempi minori.**

Il **test bipodalico** ha evidenziato un graduale recupero della propriocettività in entrambi i gruppi fino alla dodicesima settimana per valori non significativi.

## 8- Conclusione

Scopo del nostro studio è stato valutare gli effetti della Tecarterapia su due serie continue di giovani sportivi dopo l'intervento di ricostruzione del legamento crociato anteriore con l'utilizzo del tendine semitendinoso e gracile.

Gli obiettivi sono stati ricercare la validità e l'affidabilità della tecnica Tecar applicata nell'immediato post operatorio testando e valutando il dolore, l'edema e l'infiammazione.

Le prime conclusioni ci orientano a pensare che i pazienti trattati con Tecarterapia abbiano avuto un miglioramento dell'edema e del dolore precocemente rispetto ai pazienti che non sono stati trattati.

La Tecarterapia, attivando il microcircolo arterioso e venolinfatico, agisce positivamente sull'edema e sull'infiammazione. **Già il secondo giorno dopo l'intervento chirurgico il dolore è in diminuzione, e anche l'edema è ridotto.**

Questo miglioramento permette ai pazienti di iniziare precocemente la terapia fisica e kinesiologica presupposto indispensabile per un rapido recupero dell'escursione articolare (R.O.M.).

La Tecarterapia inoltre agisce positivamente sulle contratture muscolari grazie all' "effetto massaggio" che il terapeuta ottiene durante il trattamento con il polo Capacitivo.

I pazienti hanno avuto un miglioramento precoce anche della propriocettività.

**Già dopo 9 settimane dall'intervento chirurgico**, infatti, il gruppo trattato con Tecarterapia, nei test che valutavano la propriocettività, **avevano ottenuto risultati migliori** rispetto al gruppo di controllo; riacquistando un buon equilibrio propriocettivo con conseguente coordinazione articolare.

In conclusione:

la Tecarterapia ha dimostrato un effetto immediato nella riduzione dell'edema, del dolore e dell'infiammazione nei giovani sportivi trattati nell'immediato postoperatorio dopo intervento di ricostruzione del legamento crociato anteriore.

Il trattamento si è rivelato utile anche a distanza, grazie ad un effetto positivo indiretto sulla propriocettività migliorandola e garantendo così la possibilità di un precoce ritorno all'attività sportiva e al gesto atletico specifico.

Laddove i dati risultino essere non significativamente migliori pensiamo che con la valutazione di un maggior numero di pazienti si potranno ottenere risultati ancora più convincenti, situazione che ci spinge a continuare lo studio.

## 8- Bibliografia

1. Baldwin J.L., House C.K.: Anatomic dimensions of the patella measured during total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 20(2): 250-7, Feb 2005.
2. Vasara A.I., Jurvelin J.S., Kiviranta I., Frank C.B.: Arthroscopic cartilage indentation and cartilage lesion of anterior cruciate ligament-deficient knees. *Am J Sports Med.* 33(3): 408-14, Mar 2005.
3. Robinson J.R., Bull A.M., Amis A.A.: *Structural properties of medial collateral ligament complex of human knee.* *J Biomech.* 38(5): 1067-74, May 2005.
4. Fu F.H., Harner C.D., Johnson D.L., Miller M.D., Woo S.L.: *Biomechanics of knee ligaments.* *J Bone Joint Surg.* 75A: 1716-27, 1993.
5. Girgis F.G., Marshall J.L., Monajem A.R.S.: The cruciate ligaments of knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis. *Clin. Orthop.* 106: 216-19, 1975.
6. Woo S.L.Y.: *The tensile properties of human ACL and ACL graft tissue.* In: Daniel (ed.), *Knee Ligaments*, Raven Press, New Yor, 1990.
7. Danylchuc K.D., Finlay B.: Microstructural organization of human and bovine cruciate ligaments. *Clin. Orthop.* 131: 294-98, 1978.
8. Harner C.D. et al: *Evaluation of the size and shapes of the human ligaments.* *Trans. Orthop. Res. Soc.* 17: 123, 1992.

9. Cerulli G., Ceccarini A., Alberti P.F., Caraffa G.: *Neuromorphological studies of the proprioceptivity of the human ACL*. I. J. Sports Traumatol. 8: 49-53, 1986.
10. Schultz R.A., Miller D.C., Kerr C.S., Micheli L.: *Mechanoreceptor in human cruciate ligaments*. J. Bone Joint Surg. 66A : 1072-6, 1984.
11. Schute M.J., Dadezies E.J., Zimny M.L., Happel L.T.: *Neural anatomy of the human cruciate ligaments*. J. Bone Joint Surg. 69A : 243-47, 1987.
12. Wojtys E.M., Chan D.B. : *Meniscus structure and function*. Instr Course Lect. 54 : 323-30, 2005.
13. Nyland J., Lachman N., Kocabey Y., Brosky J., Altun R., Caborn D.: *Anatomy, function, and rehabilitation of the popliteus musculotendinous complex*. J Orthop Sports Phys Ther. 35(3): 165-79, Mar 2005.
14. Gardner K.: *Neural anatomy of human knee joint*. J Anat. 60-72, 1948.
15. Johansson H., Sjolander P.: *A sensory role for the cruciate ligaments*. Clin Orthop. 268: 161, 1991.
16. Pizziali R.L. et al: *The contribution of the cruciate ligaments to the load displacement characteristics of the human joint*. J Biomech. Eng. 102: 277-83, 1996.

17. Noyes F.R. et al: *Biomechanics of ACL failure in primates*. J Bone Joint Surg. 56A : 236-53, 1974.
18. Li G., DeFrate L.E., Sun H., Gill T.J.: In vivo elongation of the anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament during knee flexion. Am J Sports Med. 32(6): 1415-20, Sep 2004.
19. Norwood L.A., Cross M.J.: Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. Am J Sports Med. 7: 23-6, 1979.
20. Loes M., Dahlstedt L.J., Thomee R.: A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. Scand J Med Sci Sports 10(2): 90-7, Apr 2000.
21. Dugan S.A.: *Sports-related knee injuries in female athletes: what gives?* Am J Phys. Med Rehabil. 84(2): 122-30, Feb 2005.
22. Y de J., Nielsen A.B.: Sports injuries in adolescents' ball game : soccer, handball and basketball. Br J Sports Med. 24(1): 51-4, Mar 1990.
23. Emerson R.J.: *Basketball knee injuries and anterior cruciate ligament*. Clin Sports Med. 12(2): 317-28, Apr 1993.

24. Fischer J.F., Leyvraz P.F., Bally A.: *A dynamic analysis of knee ligament injuries in alpine skiing*. Acta Ortop. Belg. 60, 2, 194-203, 1994.
25. McConkey J.P.: Anterior cruciate ligament rupture in skiing. Am J Sport Med. 2/1986.
26. Paletta G., Warren R.F.: *Knee injuries and Alpine Skiing*. Sports Med. Dic 1994.
27. Schonhuber H., Leo R.: *La lesione del legamento crociato anteriore del ginocchio nello sciatore agonista di alto livello*. Atti 7° Congresso Nazionale S.I.T.R.A.S. "La traumatologia degli sport invernali agonistici" Bormio 9/1997.
28. Skinner H.B., Wyatt M.P., Stone M.L., Hodgon J.A., Barraci R.L.: *Exercise related knee injury laxity*. Am Sports Med. 14: 30-34, 1986.
29. Costa G., Schonhuber H., Tagliabue D.: *Lesioni traumatiche acute nello sci alpino agonistico. Comparazione di due gruppi di interesse nazionale*. It. J Sport Traum. 9, 1, 25-35, 1987.
30. Elmqvist L.G., Johnson R.J., Kaplan M.J., Renstrom A.F.H.: *Sports Injuries „Downhill ski injuries“*. 1994.

31. Daniel D.M., Fithian D.C.: *Indications for ACL Surgery*. Arthroscopy 10(4): 434-41, 1994.
32. Gilquist J.: Repair and reconstruction of the ACL: is it good enough? Arthroscopy 9(1): 68-71, 1993.
33. Cascio B.M., Culp L., Cosgaree A.J.: *Return to play after anterior cruciate ligament reconstruction*. Clin Sports Med. 23(3): 395-408, Jul 2004.
34. Smith F.W., Rosenlund E.A., Aune A.K., MacLean J.A., Hillis S.W.: Subjective functional assessments and return to competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction. Br J Sports Med. 38(3): 279-84, Jun 2004.
35. Gobbi A., Tuy B., Mahajan S., Panuncialman I.: Quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a clinical investigation in a group of athletes. Arthroscopy 19(7): 691-9, Sep 2003.
36. Bonamo J.J, Fay C., Firestone T.: *The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee*. Am J Sports Med. 18: 618-23, 1990.
37. Chick R.R., Jackson D.W.: *Tears of the anterior cruciate ligament in young athletes*. J Bone Joint Surg. 60A : 970-3, 1978.
38. Clancy W.G. Jr. : Intra-articular reconstruction of the anterior cruciate ligament. Orthop. Clin. North America 16: 181-9, 1985.

39. Jokl P., Kaplan N., Stovel P., Keggi K.: Non-operative treatment of severe injuries to medial and anterior cruciate ligament of the knee. *J Bone Joint Surg.* 66A : 741-4, 1984.
40. McDaniel W.J. Jr., Dameron T.B. Jr. : *The Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament: a follow-up study.* *J Bone Joint Surg.* 62A : 696-705, 1980.
41. Noyes F.R., Mooar P.A., Matthews D.S., Butler D.L.: The symptomatic anterior cruciate deficient knee. Part one: the long –term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg.* 65A : 154-162, 1983.
42. Noyes F.R., Matthews D.S., Mooar P.A., Grood E.S.: The symptomatic anterior cruciate deficient knee. Part two: the results of rehabilitation, activity modification and counseling on functional disability. *J Bone Joint Surg.* 65A : 163-174, 1983.
43. Giove T.P., Miller S.J., Kent B.E., Sanford T.L., Grrick J.G.: *Non-operative treatment of the torn anterior cruciate ligament.* *J Bone Joint Surg.* 65A : 184-92, 1983.
44. Buss D.D., Min R., Skyhar M., Galinat B., Warren R.F., Wickiewicz T.L.: *Non-operative treatment of acute anterior cruciate ligament injuries in a selected group of patients.* *Am J sports Med.* 3(2): 160-5, 1995.

45. Roe J., Pinczewski L.A., Russell V.J., Salmon L.J., Kawamata T., Chew M.: A 7-Year Follow-up of Patellar Tendon and Hamstring Tendon Grafts for Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.*, July 2005.
46. Gobbi A., Mahajan S., Zanazzo M., Tuy B.: Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective clinical investigation athlete. *Arthroscopy* 19(6): 592-601, Jul-Aug 2003.
47. Feller J.A., Webster K.E.: A Randomized Comparison of Patellar Tendon and Hamstring Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med.* 31: 564-73, 2003.
48. Charlton W.P.H., Randolph D.A., Lemos S., Shields C.L.: Clinical Outcome of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Quadrupled Hamstring Tendon Graft and Bioabsorbable Interference Screw Fixation. *Am J Sports Med.* 31: 518-21, 2003.
49. Wagner M., Kaab M.J., Schallock J., Haas N.P., Weiler A.: Hamstring Tendon Versus Patellar Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Biodegradable Interference Fit Fixation. *Am J Sports Med.*, Jul 2005.

50. Drogset J.O., Grontvedt T., Tegnander A.: Endoscopic Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament Using Bone-Patellar Tendon-Bone Grafts Fixed With Bioabsorbable or Metal Interference Screws. *Am J Sports Med.*, Jul 2005.
51. Marumo K., Saito M., Yamagishi T., Fujii K.: The “Ligamentization” Process in Human Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Autogenous Patellar and Hamstring Tendons. *Am J Sports Med.*, Jul 2005.
52. Bolano L.E., Grana W.A.: Isolated arthroscopic partial meniscectomy. Functional radiographic evaluation at five years. *Am J Sports Med.* 21: 432, 1993.
53. Fetto J.F., Marshall J.L.: The natural history and diagnosis of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin. Orthop.* 147: 29-38, 1980.
54. McDaniel W.J., Dameron T.B. Jr.: *The untreated anterior cruciate ligament ruptur.* *Clin. Orthop.* 172: 158-63, 1983.
55. Arnold J.A., Coker T.P., Heaton L.M., Park J.P., Harris W.D.: *Natural history of anterior cruciate tears.* *Am J Sports Med.* 6: 305-13, 1979.
56. Hawkins R.J., Misamore G.W., Merritt T.R.: Follow-up of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. *Am J SportsMed.* 14: 205-10, 1986.

57. Andersson C., Odensten M., Gillquist J.: Knee function after surgical or non surgical treatment of acute rupture of anterior cruciate ligament: a randomized study with a long-term follow-up period. *Clin. Orthop.* 264:255-63, 1991.
58. Kvist J.: Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sport Med.* 34(4): 269-80, 2004.
59. Wilk K.E., Reinold M.M., Hooks T.R.: Recent advances in the rehabilitation of isolated and combined anterior cruciate ligament injuries. *Orthop. Clin. North Am.* 34(1): 107-37, Jan 2003.
60. Farquhar S.J., Chmielewski T.L., Snyder-Mackler L.: Accuracy of predicting maximal quadriceps forces from submaximal effort contraction after anterior cruciate ligament injury. *Muscle Nerve*, Jun 2005.
61. Hooper D.M., Morrissey M.C., Drechsler W., Morrissey D., King J.: Open and close kinetic chain exercises in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction. Improvement in level walking, stair ascent, and stair descent. *Am J Sports Med.* 29(2): 167-74, Mar-Apr 2001.
62. Lutz G.E., Stuart M.J., Sim F.H., Scott S.G.: Rehabilitative techniques for athletes after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Mayo Clin. Proc.* 66(1): 114, Jan 1991.

63. Escamilla R.F., Fleisig G.S., Zheng N., Lander J.E., Barrentine S.W., Andrews J.R., Bergemann B.W., Moorman C.T. 3<sup>rd</sup>: *Effect of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press*. Med Sci Sports Exerc. 33(9): 1553-66, Sep 2001.
64. Tranquilli C., Bernabei G.: *Tecar. Applicazioni Terapeutiche della TECAR in Traumatologia dello Sport*. Ed Minerva Medica, 2005.
65. Lanzetta A., Capitani D., Ciarambino A., Silvestrini E.: *Ginnastica propriocettiva. Collana "Quaderni di Medicina dello Sport"*. Ed. Piccin, 1983.
66. Lewek M.D., Chmielewski T.L., Risberg M.A., Snyder-Mackler L.: *Dynamic knee stability after anterior cruciate ligament rupture*. Exerc. Sport Sci Rev. 31(4) : 195-200, Oct 2003.
67. Harter R.A., Osternig L.R., Singer K.M.: *Instrumented Lachman Tests for the evaluation of anterior laxity after reconstruction of the anterior cruciate ligament*. J Bone Joint Surg. 71A : 975-83, 1989.
68. Daniel D.M., Malcom L.L., Losse G., Stone M.L., Sachs R., Burks R.: *Instrumented measurement of anterior laxity of the knee*. J Bone Joint Surg. 67A : 720-26, 1985.
69. Barrack R.L., Skinner H.D., Buckley S.L.: *Proprioception in ter anterior cruciate deficient knee*. Am J Sports Med. 17: 1-6, 1989.

70. Friden T., Zatterstrom R., Lindstrand A.: *Disability in ACL insufficiency. Analysis of 19 untreated patients.* Acta Orthop. Scand. 61: 131-8, 1990.
71. Zatterstrom R., Friden T., Lindstrand A., Moritz U.: The effect of physiotherapy on standing balance in chronic anterior cruciate ligament insufficiency. Am J Sport Med. 22: 531-8, 1994.
72. Barrett D.S.: Proprioception and function after ACL reconstruction. J Bone Joint Surg. 73B : 883-8, 1991.
73. Jerosch J., Pfaff G., Thorwesten L., Schoppe R.: Effects of a proprioceptive training program on sensorimotor capacities of the lower extremity in patients with anterior cruciate ligament instability. Sportverletz Sportschaden 12(4): 121-30, Dec 1998.
74. Corradini C., Lanzetta A.: La coordinazione degli arti anteriori prima e dopo la ricostruzione del legamento crociato anteriore. Med. Sport 50: 85-90, 1997.
75. Inman V.T.: *Human Locomotion.* Can. Med. Assoc. J. 94: 1047-52, 1966.
76. Lanzetta A.: *Malattie Ortopediche dell'Apparato Locomotore.* Ed. Masson, 1996.

Si ringraziano per la preziosa collaborazione:

Relatore: Prof. C. Verdoia

Correlatore: Dott. P. Bottiglia

f.t. M. Avella

Dott. E. Borgo

Dott. D. Brioschi

Dott. C. Corradini

Dott.ssa E. Diotti

Dott. A. Panzeri

Dott. L. Parravicini

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia

e

ai compagni: Chiara, Francy, Hellen, Luca e Morghino che in questi anni mi  
hanno guidato verso “una mentalità positiva” ....!!!!!!

Vittime di ogni mia ansia...mi hanno sempre dato tanto affetto.