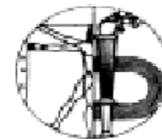




# *Studio Professionale di Chinesiologia*



---

---

*Centro di Recupero Motorio*

---

---

## **Aspetti attuali di riabilitazione dopo ricostruzione del legamento Crociato Anteriore**

**Stefano Becchi - Francesco Musa, Chinesiologi - Parma**  
**M. Affanni, A. Ampollini, G. D'Angelo D. Devoti, S. Solinas**  
**Divisione di Ortopedia e Traumatologia Ospedale di Parma**  
**Primario: Prof. Franco Pisano**

### INTRODUZIONE:

L'enorme diffusione di attività sportive "a rischio" avvenuta nel corso degli ultimi anni ha visto crescere a dismisura le lesioni interne del ginocchio. Allo stesso tempo si sono realizzati importanti progressi in questo particolare campo della traumatologia, grazie soprattutto ad una migliore conoscenza della anatomo-fisiologia e all'introduzione di metodiche artroscopiche. La popolazione colpita può essere classificata in due grandi categorie. Nella prima troviamo pazienti in giovane età, fortemente motivati a riprendere le attività sportive svolte in precedenza nel più breve tempo possibile. Nella seconda troviamo pazienti in fasce di età medio-alte, che hanno intrapreso tardi le attività sportive più disparate e che non intendono rinunciarvi. Tutto questo ha comportato, e comporta, l'esigenza di fornire delle risposte diagnostiche più esatte e condotte terapeutiche adeguate alle diverse necessità dei pazienti. Lo scopo del nostro lavoro è quello di illustrare le metodiche riabilitative utilizzate nelle lussazioni post-traumatiche anteriori di ginocchio, operate di ricostruzione, con trapianto autologo di tendine rotuleo con la tecnica "half tunnel". Affrontando il problema della riabilitazione funzionale del ginocchio si rischia di affermare dei concetti che in breve tempo potrebbero diventare obsoleti e non più validi: basti pensare ai tempi delle immobilizzazioni in apparecchi gessati o in tutori ortopedici, a quelli senza carico, e alla lunga ipoattività del quadricipite, richiesta ancora in alcuni protocolli. Per quanto detto è preferibile parlare di "filosofia" della riabilitazione del ginocchio, fissando dei presupposti scientifici sui quali elaborare poi metodiche specifiche, che grazie alle continue acquisizioni in campo biomeccanico, potranno essere variate.

### CENNI DI ANATOMIA E BIOMECCANICA:

Come sempre la corretta chiave di interpretazione terapeutica di questa articolazione rimane la conoscenza della anatomia.

Parleremo di rotture di L.C.A. isolate o in associazione con altre lesioni capsulo-menisco-legamentose.

Considerando il ginocchio come un'unità funzionale, ci accorgiamo che una qualsiasi lesione del LCA non trattata porterà inevitabilmente, nel corso degli anni, ad un aggravamento della sintomatologia clinica e soggettiva.

Il LCA è lo stabilizzatore primario del ginocchio: esso si oppone alla traslazione anteriore della tibia (T.A.T.) sul femore.

Da ciò si intuisce come una lesione non trattata di questo legamento porti inevitabilmente ad un peggioramento irreversibile della articolazione, per una perdita di congruenza dei capi articolari durante il movimento di rotolamento e scivolamento del femore sulla tibia.

La rottura del L.C.A. provoca una anomalia della cinematica che si verifica solamente sotto sforzo. Solo con l'arto in appoggio, o con una contrazione del quadricipite, compare una sub-lussazione anteriore dei piatti tibiali, che risulta essere più importante in estensione che in flessione (lassità anteriore in estensione).

La sub-lussazione attiva in estensione provoca dei danni alla cartilagine articolare, sia nella vita quotidiana che durante l'attività sportiva, diventando quindi un fattore fondamentale nel determinismo dell'artrosi.

Infatti oltre i 30° di estensione l'instabilità anteriore genera una rotazione interna tibiale, anziché il normale effetto di rotolamento-scivolamento.

### **INDICAZIONE CHIRURGICA:**

Le indicazioni chirurgiche di questa patologia sono una lassità medio-grave e clinicamente non tollerata, una età fino ai 40-45 anni (oltre solo in casi particolari), l'assenza di gravi lesioni osteocondrali e una forte richiesta di attività fisiche precluse.

### **TECNICA CHIRURGICA:**

La scelta del sostituto del LCA spazia dal trapianto autologo, alle protesi legamentose, a tecniche miste (LAD).

Nel nostro servizio di Ortopedia da anni utilizziamo come "golden standard" di questa chirurgia il terzo medio del tendine rotuleo, in quanto presenta caratteristiche di elevata resistenza, il suo prelievo non crea particolari problemi all'apparato estensore e permette una sicura fissazione "osso a osso".

Vi è comunque una difficoltà oggettiva nella ricostruzione del LCA dovuta alla sua complessità nel senso della ampia area di inserzione, della sua multifasciolarità e della propriocettività intrinseca che dopo un trauma viene ad essere compromessa.

La tecnica utilizzata è quella "in-out half tunnel".

Alcuni particolari di tecnica chirurgica quali:

- la fissazione "osso a osso" con vite interferenziale;
- l'isometricità di impianto, con particolare riferimento alla inserzione femorale, che deve essere il più prossimale e posteriore possibile sulla faccia mediale del condilo laterale (1);
- la riduzione dell'attrito del neo-legamento con le zone ossee circostanti attraverso una adeguata plastica della gola intercondilica, hanno creato i presupposti per una riabilitazione precoce riducendo al contempo al minimo i rischi di un insuccesso.

La ricostruzione chirurgica può essere artroscopica o artrotomica: in entrambe le evenienze adottiamo il medesimo protocollo riabilitativo, in quanto tutto il decorso appare perfettamente sovrapponibile (23).

### **CONCETTI DI RIABILITAZIONE:**

In termini di programmazione chinesiológica occorre precisare che non devono esistere rigidi riferimenti terapeutici: Essi potranno subire delle modifiche, anche sostanziali, in base alla risposta funzionale e alle esigenze via via emergenti del singolo paziente. In ogni caso l'orientamento della moderna chirurgia ricostruttiva del LCA è quello di precocizzare il più possibile il recupero funzionale, cioè il carico, l'ottenimento della piena articolarietà e l'uso immediato dei vari gruppi muscolari.

Tutto ciò per azzerare tutti quegli effetti negativi, dovuti a ritardi di mobilizzazione, che nel passato hanno gravato i risultati di questa chirurgia.

Sappiamo infatti che l'immobilizzazione di una articolazione comporta alterazioni patologiche a vari livelli: cartilagineo, sinoviale, legamentoso e muscolare (15,17).

Per quanto riguarda il livello cartilagineo, il non uso della articolazione aumenta la deformabilità delle cartilagini di circa il 42%, ne diminuisce lo spessore di circa il 9% e nelle zone superficiali esiste una diminuzione di glicosaminoglicani fino al 48% (15).

E' stata descritta una modificazione nella idratazione della cartilagine, con presenza sulla sua superficie di aderenze fibro-adipose (8).

A livello sinoviale un ritardato uso della articolazione favorisce la proliferazione di tessuto fibro-adiposo, per diminuita sintesi, e determina l'insorgere di aderenze.

E' stata descritta la cosiddetta "sindrome da contrattura infrapatellare" con conseguente perdita di articularità in flessione e in estensione (22).

A livello legamentoso si instaura, a causa della immobilizzazione, un'atrofia dei legamenti e una degradazione del collagene in ragione esponenziale alla durata della immobilizzazione stessa.

Inoltre si nota una disorganizzazione cellulare del collagene, la struttura legamentosa diviene meno resistente e i carichi di rottura diminuiscono di 1/3 (15).

A livello muscolare si nota una ipotono-trofia che varia dal 30% al 47%, che si instaura molto rapidamente ed aumenta in modo esponenziale nel tempo (15).

Dopo solo 72 ore di non uso si è osservato una perdita di altezza delle fibre muscolari pari al 17% (15)

Da quanto detto risulta chiara l'importanza dell'introduzione di un "Protocollo Accelerato", volto a prevenire questi effetti negativi dovuti ad un ritardo nell'uso corretto del ginocchio (3, 4, 5, 16, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29).

Dobbiamo però, ai fini della nostra programmazione riabilitativa, tenere presente l'evoluzione dei trapianti biologici, vale a dire il passaggio del neo-legamento attraverso tre fasi distinte (3).

La prima è la fase di necrosi avascolare, quella che noi chiamiamo fase di protezione totale, in cui dovremo adottare particolari accorgimenti terapeutici per non compromettere l'integrità del trapianto.

La seconda è la fase di rivascolarizzazione, o fase di protezione parziale, che avviene attraverso i vasi dei tunnel tibiali e femorali, attraverso il tessuto sinoviale e il corpo di Hoffa.

La terza fase è la fase della ricollagenizzazione, indotta dalle sollecitazioni meccaniche, che avviene attraverso un rimodellamento e orientamento del collagene che si trasforma da tipo 1 a tipo 3, diventando meno resistente agli attacchi degli enzimi proteolitici.

Questa è la fase in cui si concede il ritorno alla attività sportiva.

In letteratura ortopedica esiste una certa discordanza sulla evoluzione biologica del neo-legamento.

Molti autori affermano che solo dopo 15-18 mesi il processo di ligamentizzazione è terminato e quindi solo allora il sostituto del LCA potrà raggiungere valori meccanici normali. E' indubbio però, che già solo dopo tre settimane il trapianto mostra una precoce attività metabolica, ricompaiono i fibroblasti e ha riprende una alta capacità di sintesi.

Sintetizzando i concetti sopra esposti possiamo dire che lo scopo della riabilitazione post-chirurgica del LCA è il ritorno, il più veloce possibile e ai più alti livelli, alla attività pre-trauma, minimizzando i rischi di fallimento del trapianto, di complicanze o di recidive.

Quindi vengono spontanei alcuni quesiti che possono essere così riassunti:

- quanta tensione può essere data al trapianto nella fase iniziale? Quali tecniche riabilitative adottare?

- Quale è lo "stress fisiologico" che il trapianto può tollerare? Possiamo dimostrarlo?

- Quanto e come questo "stress" può essere incrementato nel tempo? Quale è la dilazione temporale nell'uso delle varie metodiche?

Cercheremo di rispondere a questi quesiti e di giustificare la nostra scelta orientata verso un "Protocollo Accelerato" di riabilitazione funzionale basato sui seguenti postulati:

- carico protetto immediato;
- esercizi precoci per quadricipite e ischio-crurali;
- articularità completa fin dall'immediato post-operatorio;
- precoce ritorno alla attività sportiva.

Shelbourne (29) ha seguito 209 ginocchia dal 1987 con un follow-up medio di 2 anni.

I risultati sono stati valutati con il KT 1000: in una serie storica precedente il 1987 le ginocchia con un T.A.T. (traslazione anteriore tibiale) > di 5 mm erano il 9,6%. Dal 1987 dopo l'adozione del protocollo accelerato, le ginocchia con T.A.T. > di 5 mm erano il 3,4%.

Inoltre, con la riabilitazione tradizionalmente conservativa si è visto che l'incidenza di contratture in flessione era compresa fra il 14% e il 32%, mentre con l'introduzione del protocollo accelerato l'incidenza di contratture in flessione è stata pressochè azzerata.

Ancora, mentre prima l'incidenza dei disturbi a carico della femoro-rotulea era compresa fra il 47% e il 65 % , ora è scesa fra il 19% e il 21%. Ma, soprattutto con l'adozione del protocollo accelerato non c'è stata alcuna variazione in termini di stabilità.

Gli aspetti fondamentali da riconsiderare rispetto al passato sono:

- recupero immediato della estensione;
- uso precoce del quadricipite.

Per quanto riguarda il mancato recupero della estensione sappiamo che essa rappresenta la più grave e la più comune delle complicanze dopo ricostruzione del L.C.A.. Gli effetti legati alla perdita della estensione sono: dolori femoro-rotulei con crepitii, insufficienza muscolare, "Cyclops Syndrome" e artrofibrosi( 26, 27).

Risulta chiaro quindi, che dobbiamo incoraggiare l'estensione passiva uguale al ginocchio contro-laterale fin dal 1° giorno postoperatorio.

Questi concetti, che caratterizzavano la scuola Americana, e che una volta sembravano eretici (si ricordi che anche negli anni 80 la scuola Francese proscriveva per 3-4 mesi il raggiungimento della estensione), ora sono da tutti accettati e auspicati.

La stessa cosa vale per l'uso precoce del quadricipite.

Infatti da oltre oceano sono arrivate precise indicazioni, supportate da numerosi studi e sperimentazioni, per un uso precoce non solo dei flessori, ma anche degli estensori, mentre anche in questo caso la scuola Francese si caratterizzava per un conservatorismo quasi ossessivo. I flessori sono sempre stati considerati, a ragione, dei veri e propri tutori del LCA.

Solomonow (30) ha descritto, in caso di assenza del LCA, la sub-lussazione anteriore della tibia come responsabile nell'evocare una rapida risposta dei flessori, indicando quindi l'esistenza di un arco riflesso secondario, a partire dal muscolo e dalla capsula articolare, che eccita direttamente gli ischio-crurali e inibisce il quadricipite.

Succedeva però che, enfatizzando solo il lavoro per gli ischio-crurali, a distanza di 3-4 mesi dall'intervento chirurgico, si osservava un'ipotrofia invalidante del quadricipite, con correlata perdita di estensione.

Lo studio della traslazione tibiale anteriore in catena cinetica chiusa e aperta ha portato all'introduzione precoce dell'uso del quadricipite, senza per questo pregiudicare l'integrità del trapianto.

Sappiamo che il lavoro in catena cinetica chiusa incrementa la compressione e decrementa la forza di traslazione; viceversa per la catena cinetica aperta.

Ciò porta ad auspicare fin dall'immediato post-operatorio il carico precoce e il lavoro per il quadricipite in catena cinetica chiusa, in quanto ciò non aumenta la T.A.T..

W. Jenkins (12) ha dimostrato quanto sopra confrontando due tipi di movimento in catena cinetica chiusa (leg-press) e in catena cinetica aperta (leg-extension), valutando i risultati nel senso della T.A.T., con il KT1000; i risultati ottenuti sono questi:

- a 30° di flessione: in catena cinetica aperta la T.A.T. è stata di 4,68 mm e in catena cinetica chiusa di 1,26 mm,

- a 60° di flessione: in catena aperta la T.A.T. è stata di 1,23 mm e in catena chiusa di 0,60 mm.

Da ciò si evince che la massima traslazione anteriore avviene in catena cinetica aperta a 30°, mentre a 60° di flessione si può lavorare anche in catena cinetica aperta raggiungendo una T.A.T. simile a quella della catena cinetica chiusa, a 30° di flessione.

Inoltre, è stato quantificato che flesso-estensioni attive con carichi fino a 4,5kg, con escursione articolare massima da 90° a 50°, non producono alcuna tensione sul neo-legamento.

Si può quindi considerare il lavoro per il quadricipite in catena cinetica aperta come ottimale se eseguito con:

- bassi carichi;
- basse velocità angolari isotoniche;
- alte velocità angolari isocinetiche;
- escursioni articolari limitate;
- anti-shear (cioè con appoggio distale e prossimale).

A questo proposito Wilk e Andrews (32) hanno dimostrato come ottimizzare il lavoro in catena cinetica aperta per il quadricipite riguardo alla velocità angolare isocinetica e riguardo all'angolo di flessione, minimizzando la T.A.T..

Furono esaminate 12 ginocchia con lassità anteriore croniche, che rispetto all'arto sano presentavano un minimo di 4 mm di T.A.T. e un massimo di 12 mm, misurate con il Lachman Test computerizzato all'Orthopaedic System Inc. Knee Signature System- OKI KSS (la differenza media era di 8,8mm).

Le modalità con cui si svolse il Test furono:

- appoggio distale alla tibia (1 pollice sopra il malleolo)
- appoggio prossimale alla tibia (3 pollici sopra il malleolo)
- 3 velocità angolari isocinetiche: 60°/sec., 180°/sec. e 300°/sec.)

Il dispositivo usato fu il **Biodex Multy Joint System 2 (Biodex Corporation Shirley, NY. Importatore Italiano Seteco s.r.l Pieve di Cento).**

I risultati furono i seguenti:

- secondo la velocità angolare, si raggiunse la massima T.A.T. (16,1 mm) a 60°/sec. con appoggio distale; mentre la minima T.A.T. (8,6 mm) si ebbe a 300°/sec. con appoggio prossimale;
- secondo l'angolo di flessione, si raggiunse la massima T.A.T. (16,1 mm) a 18° di flessione con appoggio distale; mentre la minima T.A.T. (8,6 mm) si ebbe a 26° di flessione con appoggio prossimale.

Ciò conferma quello che già molti autori in passato avevano osservato e cioè che la massima traslazione tibiale anteriore avviene negli ultimi 30° di estensione (9,11).

Riassumendo:

- l'appoggio prossimale alla tibia durante esercizi per il quadricipite, minimizza la T.A.T.
- le alte velocità angolari isocinetiche (300°/sec.) minimizzano la T.A.T.
- il "range of motion", che produce il picco maggiore di T.A.T., è compreso fra i 30° e 5° di flessione durante il lavoro per il quadricipite contro resistenza.

METODO:

Il lavoro muscolare durante la riabilitazione del ginocchio si basa su tecniche a carattere: isometrico, isotonic e isocinetico, che vengono inserite nel programma di lavoro in tempi diversi, rispettando l'evoluzione biologica del trapianto.

Per ciò che riguarda il lavoro isotonic, da parecchi anni usufruiamo delle apparecchiature pneumatiche oleo-dinamiche della **Air-Machine Medical Line (Air-Machine s.r.l. Case Castagnoli -Cesena)** con le quali il paziente riesce, in modo confortevole, a variare i carichi e ad osservare il proprio lavoro in termini di velocità e curva su apposito monitor LCD (Ergovision). Tutte queste apparecchiature sono dotate di dispositivi per la regolazione del "range" di escursione articolare, in modo da adattare il lavoro in base alle singole necessità, correlate anche al fattore temporale.

Ci soffermeremo in particolare sul lavoro isocinetico analizzandone i vantaggi e i tempi di impiego. Da diversi anni usiamo dispositivi isocinetiche della **Biodex (Biodex Corporation, Shirley NY, importatore Italiano Seteco srl, Pieve di Cento)**. Con l'ultimissimo dispositivo, il **Biodex Multy Joint System 3**, abbiamo raggiunto degli standard qualitativi di analisi della curva molto elevati.

Riassumiamo i vantaggi dell'uso dell'isocinetica in:

- velocità di lavoro compresa fra 0° e 500°/sec.;
- resistenze adattabili a tutti i gradi angolari;
- possibilità di documentare in modo preciso (ora anche con mappe colorimetriche: **Isomap**) il deficit in %;
- biofeedback continuo durante la riabilitazione;
- massima sicurezza di esercizio.

Per un corretto approccio occorre rispolverare il glossario isocinetico:

- **Acceleration time**: tempo totale per raggiungere la velocità isocinetica in millisecondi.
- **Deceleration time**: tempo totale per arrivare dalla velocità isocinetica alla velocità zero.

- **Torque**: funzione di forza e distanza misurata, dall'asse di rotazione, dal dinamometro.
- **Work**: forza moltiplicata per la distanza durante l'intero range of motion. Si tratta dell'area sotto la curva.
- **Power**: rapporto fra il lavoro e il tempo impiegato per effettuarlo, espresso in watts.
- **Peak Torque**: punto più alto raggiunto nella curva durante un movimento di flessione-estensione.
- **Peak Tq/Body Weight**: percentuale della massima forza in base al peso corporeo.
- **Time to Peak Tq. (TRTD)**: tempo impiegato per raggiungere il P.Tq..
- **Angolo di Peak Tq.**: posizione della curva in cui il P.Tq. è raggiunto.
- **Total Work**: somma del lavoro di ogni ripetizione in Joules.
- **Average Power**: rapporto fra il lavoro totale e il tempo occorso per ottenerlo espresso in watts.
- **Coefficient of variance**: variazione percentuale entro valori limite.
- **Force decay rate (FDR)**: rappresenta il decremento della curva

Dopo aver affrontato il glossario esaminiamo ora la curva tipo.

I tre parametri fondamentali nell'analisi della curva sono:

- **Accelerazione**
- **Ottenimento del Torque (TRTD)**
- Decadimento della curva (FDR)

Per quanto riguarda l'accelerazione diciamo che in una curva normale il P.T. si raggiunge nel terzo iniziale della curva.

Un prolungamento del tempo di ottenimento del P.T. (TRTD) indica una difficoltà a generare una contrazione muscolare.

Un'esagerata concavità della curva indica una difficoltà a produrre forza.

Il work (cioè l'area sotto la curva) può variare significativamente rispetto ad un'altra curva anche a parità di P.T.: questo vuol dire che siamo in presenza di un decadimento rapido della curva (FDR), il che esprime una difficoltà a produrre forza per lungo tempo.

Se vogliamo rispondere ai tre più frequenti quesiti riguardo all'isocinetica cioè quando usarla, come usarla e perchè usarla, riassumiamo il concetto di base che informa la nostra esperienza al riguardo.

Per quanto concerne il "quando", non bisogna introdurla nel piano di lavoro se non dopo che siano trascorsi circa 45 gg. dall'intervento chirurgico, quando cioè la rivascolarizzazione e la ligamentizzazione del trapianto sono iniziate.

Per quanto riguarda il "come", in questa fase si usano dinamometri isocinetici, ma le velocità di esercizio devono essere tutte oltre i 300°/sec., con gli accorgimenti precedentemente menzionati. Progredendo nel tempo si introdurranno via via velocità più basse concedendo escursioni articolari sempre più complete.

Per ciò che riguarda il "perchè", consideriamo l'isocinetica come componente fondamentale del recupero post-chirurgico del ginocchio.

Essa permette infatti al paziente di lavorare sempre al di sotto della soglia del dolore, esprimendo in questo modo tutte le proprie potenzialità muscolari, ed evitando quella che è la più comune fra le complicanze dopo la ricostruzione del LCA con il tendine rotuleo, vale a dire la tendinopatia inserzionale prossimale rotulea (in zona di espianto).

Affrontando per ultimo le problematiche del recupero propriocettivo, usiamo sia lo stesso dispositivo isocinetico sopra menzionato, **Biodex System 3**, sia la **Stability System** (Biodex Corporation Shirley NY e Seteco srl, Pieve di Cento).

Per recupero propriocettivo intendiamo la riprogrammazione dei sistemi neurologici che mirano al recupero del senso artrocinetico dell'articolazione, andato perduto in seguito ad intervento chirurgico.

Una semplice artrotomia porta ad una diminuzione della funzionalità recettoriale, con una conseguente diminuzione di *Unità Motorie* impiegate nella contrazione muscolare, che nell'apparato estensore è valutabile nell'ordine del 50%, mentre nei flessori si aggira intorno al 30-40%.

I recettori articolari di Pacini, Golgi e Ruffini, sono responsabili delle informazioni circa l'accelerazione, la decelerazione, il cambio di senso e il cambio di posizione.

Essi captano perturbazioni di velocità, pressione e posizione; stimolano la branca afferente dell'arco riflesso, costituita dai neuroni sensitivi, che propagano l'impulso al midollo spinale o al tronco encefalico grazie all'unione sinaptica con la branca efferente costituita dai neuroni motori che inviano a loro volta comandi all'organo effettore.

I recettori articolari si dividono in: recettori ad adattamento lento, presenti negli strati superficiali della capsula articolare, recettori ad adattamento molto lento presenti nei legamenti e recettori ad adattamento rapido presenti negli strati profondi della capsula articolare e nei batuffoli adiposi.

Circa l'1% del LCA è costituito dai tre tipi di recettori.

Distinguiamo due tipi di propriocettività:

- ***Kinesthesia***: sensazione del movimento

- ***Joint Position Sense***: percezione della posizione articolare

Al Biodex System 3 possiamo effettuare due differenti test: passivo e attivo (10).

Per il passivo, si invita il paziente a sedersi sulla poltrona del Biodex, lo si benda e si determina un angolo bersaglio a 20° di flessione e lo si fa percepire al paziente. L'arto viene poi mosso passivamente alla velocità di 2°/sec., il paziente deve premere "stop" quando pensa di aver raggiunto l'angolo bersaglio predeterminato. Si misurano quindi i gradi di variazione fra l'angolo bersaglio e l'angolo effettivamente ottenuto.

Per ciò che riguarda il test attivo, la preparazione è la medesima del test precedente

Si determina un angolo bersaglio a 20° di flessione, si chiede al paziente bendato, dopo una mobilizzazione casuale attiva, di fermare l'arto all'angolo bersaglio prestabilito. Anche qui si misurano i gradi di variazione.

Usiamo invece la Stability System sia per riabilitazione che per test propriocettivi. Usata come riabilitazione si chiede al paziente di restare perfettamente immobile all'intersezione delle due coordinate e si destabilizza progressivamente la pedana in modo da rendere sempre più difficile il mantenimento della posizione.

Con il test invece misuriamo l'indice di stabilità comparato con l'arto sano, cioè si misura la deflessione media in senso antero-posteriore e in senso mediale e laterale; questo avviene a vari livelli di stabilità partendo dal più facile e arrivando al più difficile.

Per ultimo, ma non meno importante, ricordiamo che in questo tipo di patologia concediamo al paziente, una volta rimosso i punti di sutura, il carico completo e la deambulazione in acqua (***Walking Hydro System***).

In questo modo si sfrutta la spinta idrostatica, per cui il soggetto immerso nell'acqua, fino al torace, riduce il proprio peso corporeo di circa il 70-80%.

## **PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO:**

Tenendo sempre presente quanto detto in precedenza, e cioè che è impossibile standardizzare rigorosamente una condotta riabilitativa, egualmente ricerchiamo un indispensabile "schema guida" da adattare alle diverse esigenze e caratteristiche psico-fisiche dei pazienti :

## **FASE POST-TRAUMATICA E PRE-CHIRURGICA:**

- Accurata preparazione pre-operatoria sia fisica che psichica, il che vuol dire che prima dell'intervento chirurgico occorre ripristinare normali condizioni articolari, ridurre l'edema, il versamento e potenziare l'arto; nonché cercare di acquisire la giusta mentalità attraverso una presa di coscienza dell'intero iter chirurgico-riabilitativo.

## **FASE I ( 1 - 5 giorno post-op.):**

- mobilizzazione della rotula;
- carico completo con stampelle;
- escursione articolare passiva 0-90°;
- mobilizzazione attiva in flessione al pattino come tollerato;
- raggiungimento immediato della completa estensione;
- esercizi di co-contrazione;
- esercizi di elevazione dell'arto teso a carattere isometrico e isotonic;
- esercizi di salita e discesa alla scala riabilitativa;
- ghiaccio alla fine di ogni seduta.

## **FASE II ( 2 - 3 settimana post-op.):**

- raggiungere progressivamente l'articolarietà pressoché completa;
- introduzioni di blande posture soprattutto in estensione, se non si mantiene l'estensione completa;
- abbandono di una stampella durante il periodo, (se tollerato);
- esercizi con Air-machine abductor e adductor con 12-15kg. come partenza;
- esercizi con Air-machine leg-curl con 4 kg. come partenza;
- esercizi con Air-machine leg-press con 18 kg. come partenza e range di escursione articolare da 90 a 0°;
- esercizi con l'Air-Machine Chrono Run a partenza da 0,5 km/h e pendenza del 12% (come protezione del LCA);
- esercizi con la **Biodex Semi-recumbent cycle** (Biodex-Seteco) con Set di 80-90 rpm, target di 60 e 10-15 minuti di durata;
- incremento degli esercizi del 1° giorno con l'ausilio di cavigliere a partire da 1 Kg.;
- introduzione della **Walking Hydro System**, 20 minuti;
- introduzione, alla fine del periodo, di esercizi a carattere isometrico per gli ischio-crurali e per il quadricipite al Biodex System 3 con angoli di lavoro di 90 e 60°;
- introduzione della **Biodex Stability System**;
- alla fine del periodo carico senza stampelle.

## **FASE III ( 4 - 12 settimana post-op.):**

- incremento dei carichi a tutte le apparecchiature già descritte
- introduzione dell'Air-machine leg-extension con carichi a partire da 4 Kg., uso obbligatorio dell'anti-shear e escursioni articolari limitate da 90 a 60° all'inizio del periodo, per arrivare alla fine dello stesso ad escursioni da 90° a 30°, sempre con anti-shear e incrementando i carichi di lavoro.
- introduzione del lavoro isocinetico al **Biodex System 3** con appoggio prossimale, alte velocità angolari e escursioni ridotte fra i 90-40°.

FASE IV ( 13 - 24 settimana post-op.):

- incremento di tutti i carichi di lavoro
- rimozione, a metà del periodo, dell'anti-shear ed escursione articolare completa in flessione-estensione;
- corsa su terreno uniforme;
- introduzione a metà del periodo di esercizi a medie velocità isocinetiche al **Biodex System 3** senza limitazione di escursione articolare; esecuzione di test comparativo isocinetico a 60°/sec. , 120°/sec. e 180°/sec..

A quest'epoca il deficit % del quadricipite dovrebbe essere indicativamente inferiore o uguale al 30% rispetto all'arto sano e il deficit % degli ischio-crurali dovrebbe indicativamente essere inferiore al 4% rispetto all'arto sano.

Il rapporto flessori/estensori dovrebbe essere superiore all'80%.

**FASE V ( 24 - 36 settimane post-op.):**

- massimalizzazione di tutti i carichi di lavoro;
- ripresa della preparazione specifica della attività sportiva praticata prima dell'infortunio.

Durante questo periodo è permesso il ritorno all'attività sportiva quando:

- la lassità del ginocchio, misurata con il KT1000, rispetto all'arto sano è inferiore ai 3 mm;
- il **Test isocinetico** al **Biodex System 3** mostra un deficit percentuale del quadricipite rispetto all'arto sano inferiore al 5% e non v'è alcun deficit per gli ischio-crurali.

### **Bibliografia:**

1. Aglietti P. et al: Ricostruzione intrarticolare del legamento crociato anteriore: studio sperimentale sui punti di inserzione isometrici. I.J. Sports Traumatology: 7, 243-253. 1987.
2. Arms SW. Pope MH et al.: The Biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. AJSM 12, 8-18 1984.
3. Arnoczky SP: Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. Orthop. Clin. North Am. 16, 15-28, 1985.
4. Beynonn BD., Braden C.: Anterior Cruciate Ligament Strain Behavior During Rehabilitation Exercises In Vivo. AJSM, 23, 24-34, 1995.
5. Blackburne TA: Rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries, Orthop. Clin. North Am. 16, 2, 1985.
6. Bynum BE., et al.: Open Versus Closed Chain Kinetic Exercise After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, AJSM 23, 401-405, 1995.
7. Clancy WG.: Anterior Cruciate Ligament functional instability. Clin, Orthop.: 172, 102-106. 1983.
8. Evans BE., Eggers G.W., Buther J.K., et al.: Experimental mobilization and remobilization of rat knee joints. J. Bone Joint Surg. 42A, 737, 1960.
9. Gross MT., Tyson AD. et al.: Effect of Knee Angle and Ligament Insufficiency on Anterior Tibial Translation during Quadriceps Muscle Contraction: A preliminary report. JOSPT 17, 133-143, 1993.
10. Guido J., Voight M., Blackburne T. et al.: The effects of Chronic Effusion on Knee Joint Proprioception: A Case Study. JOSPT 25, 208-212, 1997.
11. Henning C., Lynch MA., and Glick K.: An in -vivo strain gauge study of elongation of the anterior cruciate ligament. AJSM 13, 22-26, 1985.
12. Jenkins WL., Munns SW., et al.: A Measurement of Anterior Tibial Displacement in the Closed And Open Kinetic Chain. JOSPT 25, 49-56, 1997.
13. Lephart SM., Kicher MS., et al.: Proprioception following anterior cruciate ligament reconstruction. J. Sport Rehabil. 1, 188-196, 1992.

14. Mac Donald P.B. : Proprioception in Anterior Cruciate Ligament-Deficient and Reconstructed Knees. *AJSM* 24, 774-778 ,1996.
15. Moyen B., Lerat J.L., Guedj E.: Bases scientifiques de la r education appliqu es   la r construction du L.C.A. par greffe autologue. Journ es Lyonnaises de chirurgie du genou et de traumatologie du sport. 211-218 1989.
16. Noyes F.R., et al.: Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *AJSM* 15, 149-160, 1987.
17. Noyes FR. : Functional properties of knee ligament and alterations induced by immobilization. *Clin. Orthop.*, 123, 210-239, 1977.
18. Noyes FR., et al.: Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *AJSM*, 9, 140-149, 1981.
19. Noyes FR., Butler DJ., Paulos LE., et al. : Intra-articular cruciate reconstructions. Prospectives on graft strength, vascularization and immediate motion after replacement. *Clin. Orthop.*, 172, 71-77, 1983.
20. Noyes FR., Barber S.D.: The effect of Rehabilitation and Return to Activity on Anterior-Posterior Knee Displacements after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *AJSM* 21, 264-270, 1993.
21. Paulos LE., et. al. Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *JOSPT*. 13, 2 ,1991.
22. Paulos LE., Daniel MD., et al.: Infrapatellar Contracture Syndrome.*AJSM* 22, 440-449, 1994.
23. Raab DJ., Fisher David A., et al.: Comparison of arthroscopic and open reconstruction of the anterior cruciate ligament. *AJSM* 21, 680-684, 1993.
24. Rubinstein RA., Shelbourne KD. et al: Effect on Knee Stability if Full Hyperextension is restored Immediately After Autogenous Bone-Patellar Tendon-Bone Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *AJSM* 23, 365-368 ,1995.
25. Shelbourne KD., and Nitz P.: Accelerate rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *AJSM* 18, 292-299, 1990.
26. Shelbourne KD.: Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction and rehabilitation, *AJSM* 19, 332-336, 1991.
27. Shelbourne KD., Fisher S.: Arthroscopic treatment of symptomatic extension block complicating anterior cruciate ligament reconstruction. *AJSM* 21, 558-564, 1993.
28. Shelbourne KD., Johnson GE.: Outpatient Surgical Management of Arthrofibrosis After Anterior Cruciate Ligament Surgery. *AJSM* 22, 192-197, 1994.
29. Shelbourne KD., Klotwyk TE., et al.: Ligament Stability Two to Six Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Autogenous Patellar Tendon Graft and Participation in Accelerated Rehabilitation Program. *AJSM* 23, 575-579, 1995.
30. Solomonow M., Hirokawa S., et al.: Anterior-posterior and rotational displacement of the tibia elicited by quadriceps contraction. *AJSM* 20, 299-306, 1992.
31. Wilk KE., et al., Anterior cruciate ligament rehabilitation: a six month follow up of isokinetic testing in active athletes. *Isokinetic and Exercise Science* 1, 36-43, 1991.
32. Wilk KE., Andrews JR.: The effects of Pad Placement and Angular Velocity on Tibial Displacement during Isokinetic Exercise. *JOSPT* 17, 24-30, 1993.
33. Wilk KE., Andrews JR., et al.: A Comparison of Tibialfemoral Joint Forces and Electromyographic Activity During Open and Closed Kinetic Chain Exercise, *AJSM* 24, 518-527, 1996.
34. Wilk KE., Andrews JR.: Current concepts in the treatment of anterior cruciate ligament distruption. *JOSPT* 15, 279-293, 1992.